



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

OPINNÄYTETYÖ

CLT:n käyttömahdollisuudet tilaelementtituotannossa

TEKIJÄ: Aku Ahlberg

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Puutekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Aku Niilo Ahlberg			
Työn nimi CLT:n käyttömahdollisuudet tilaelementtituotannossa			
Päiväys	24.4.2015	Sivumäärä/Liitteet	44/1
Ohjaaja(t) Risto Pitkänen, tuntiopettaja, Mauno Multamäki, projekti-insinööri			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Elemenco Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia CLT:n - Cross Laminated Timber - käyttömahdollisuuksia tilaelementtirakentamisessa. Työn tilaajana toimi Elemenco Oy, joka valmistaa puurankaisia tilaelementtejä ja rakentaa niistä mm. kouluja, päiväkoteja, toimistoja ja asuntoja. Tavoitteena oli selvittää, miten Elemenco voisi yrityksenä käyttää CLT:tä hyväksi omassa liiketoiminnassaan. Työssä pohdittiin CLT:n vahvuuksia rakennusmateriaalina. CLT on uusi puurakennejärjestelmä, joka on kasvattanut suosiotaan erityisesti Keski-Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa. Suomessakin mielenkiinto CLT:tä kohtaan on herännyt ja esimerkiksi vuoden 2014 Jyväskylän asuntomessuille kohosi CLT-rakenteinen kerrostalo. CLT:n vahvuuksina ovat erityisesti sen hyvät rakenteelliset ominaisuudet, jotka mahdollistavat juuri kerrostalojen tekemisen; CLT on myös ympäristöystävällinen vaihtoehto. Tilaelementtirakentamisessa rakennuspaikalla tapahtuvan työn määrä on mahdollisimman pieni, sillä tehdasolosuhteissa valmistetut moduulit viimeistellään mahdollisimman pitkälle. Lisäksi tehdasolosuhteiden luomat optimaaliset ja stabiilit olosuhteet tekevät lopputuloksesta mittatarkan ja lisäksi kosteusongelmien riskit pienenevät huomattavasti.</p> <p>Osana tätä opinnäytetyötä oli tiedonhankintamatka Sloveniaan, Itävaltaan ja Saksaan, jolloin tutustuttiin koko CLT-teollisuuteen ja kaikkiin sen tuotannon vaiheisiin aina koneteollisuudesta valmiisiin rakennuskohteisiin. Tiedonhankintamatkasta laadittu matkaraportti on pohja-aineistona opinnäytetyölle ja raportti on liitteenä työssä. Työssä tutustuttiin CLT:hen rakennusmateriaalina ja sen teolliseen valmistamiseen ja pohdittiin kuinka CLT voisi soveltua työn tilaajan eli Elemenco Oy:n tilaelementtijärjestelmään. Työn aikana rajattiin pois sahateollisuuden näkökulma ja se työn aihe keskitettiin rakentamiseen sekä tilaelementtejä rakentavan yrityksen näkökulmaan.</p> <p>Lopputuloksena oli positiivinen kuva tulevaisuuden rakennusaineesta, jota Elemenco voisi halutessaan käyttää rakentaessaan tilaelementtejä. Loppupäätelmänä Elemencon ei itse kannattaisi siirtää omaa osaamista pois tilaelementtirakentamisesta CLT-levyn tuotantoon vaan yritys voisi tilata valmiita työstettyjä levyjä, joista se itse kasaisi valmiita tilaelementtikokonaisuuksia. Suuria investointeja yrityksen ei halutessaan tarvitsisi tehdä, mutta esimerkiksi tuotantotiloja saatettaisiin joutua laajentamaan, sillä CLT:stä rakennettavien kohteiden kerrosalat voivat olla huomattavasti suuremmat kuin elemencon nykyisten rakennuskohteiden.</p>			
Avainsanat Cross Laminated Timber, CLT, tilaelementti, puurakentaminen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Wood Technology			
Author Aku Niilo Ahlberg			
Title of Thesis CLT's Accessibility in Prefabricated Module Production			
Date	24 April 2015	Pages/Appendices	44/1
Supervisor(s) Mr Risto Pitkänen, Lecturer, Mr Mauno Multamäki, Project Engineer			
Client Organisation /Partners Elemenco Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to study the uses of CLT - Cross Laminated Timber - in the field of prefabricated houses. This thesis was commissioned by Elemenco Oy, a company producing e.g. schools, day care centers, flats and offices out of prefabricated modules. The goal was to find out how Elemenco could use CLT in its own business by studying CLT's strengths as a building material. CLT is a new wood structure system which has increased in popularity especially in Central Europe and North America. Interests in it has also increased in Finland, and for example Jyväskylä housing fair had one CLT structured apartment building built.</p> <p>One of CLT's strengths is its structural quality which enables the construction of higher apartment buildings. At the same time CLT is also an ecological choice. In the industry of prefabricated houses, the work on the actual construction site is as little as possible because the modules are finished as complete as possible in factory conditions. The conditions that the factory creates are optimal and stable, which makes the end result high in measure precision and the risks of damp problems are significantly decreased.</p> <p>As part of this thesis there was an information gathering trip to Slovenia, Austria and Germany where the whole CLT-industry and the phases of manufacturing CLT from mechanical industry to construction sites were acquainted with. The report of the information gathering trip worked as base material for this thesis. In addition, CLT's suitability for Elemenco's prefabricated house system was pondered. The main focus was on construction industry - from the viewpoint of a company building prefabricated houses.</p> <p>As a result was a positive impression of a futures building material which Elemenco could be using in producing prefabricated houses. The final result was that Elemenco should not change its know-how away from prefabricated houses into producing CLT-boards. Instead, the company could order ready machined boards from which they would assemble and build prefabricated houses. The company would not necessarily have to make big investments. However, the production facilities may have to be expanded because apartment houses made of CLT require a lot of floor area compared to Elemenco's current construction sites.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Cross laminated timber, CLT, prefabricated house, wood building</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	CROSS LAMINATED TIMBER.....	7
2.1	CLT:n rakenne	8
2.2	CLT:n ominaisuudet	9
2.2.1	Rakenteellinen lujuus	9
2.2.2	Ekologisuus	10
2.2.3	Palo-ominaisuudet.....	11
2.2.4	Akustiikka ja värähtely	12
2.2.5	Kosteus- ja lämpötekniset ominaisuudet	13
2.2.6	Seisminen käyttäytyminen	13
2.3	CLT:n valmistus	14
2.4	CLT:n käyttökohteet.....	17
2.5	CLT-rakentaminen Suomessa ja maailmalla	18
3	TILAELEMENTTIRAKENTAMINEN	19
3.1	Tilaelementtirakentamisen Käyttökohteet	20
3.2	Tilaelementin valmistusprosessi	20
3.3	Tilaelementtirakentaminen Suomessa.....	22
3.4	Tilaelementtirakentamisen hyödyt ja haitat.....	23
4	Elemenco Oy.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
4.1	Elemenco Oy yrityksenä	Error! Bookmark not defined.
4.2	Elemencon nykytilanne	Error! Bookmark not defined.
4.3	Elemencolla käytössä olevat puurankaisten tilaelementtien rakenteet	26
5	CLT TILAELEMENTEISSÄ.....	28
5.1	CLT:n soveltuvuus tilaelementtirakentamiseen	28
5.2	CLT rakenteisen tilaelementin rakenne.....	28
5.2.1	Seinärakenteet.....	29
5.2.2	Välipohja- ja kattorakenteet.....	30
5.2.3	CLT-rakenteisten tilaelementtien liitokset.....	30
6	ELEMENCO JA CLT.....	35
6.1	Tuotantoaste	36

6.2	CLT:n käyttöä puoltavat asiat	37
6.2.1	Tuotannon ja kysynnän lisääntyminen	37
6.2.2	Ekologisuus	37
6.2.3	Poliittiset ratkaisut ja hankkeet	38
6.2.4	Tilaelementtituotannossa pysyminen	38
6.2.5	RunkoPES rakennejärjestelmä	39
6.3	Haasteet	39
6.3.1	Asenteet ja harhaluulot	39
6.3.2	Yleinen taloudellinen tilanne	40
6.3.3	Nykyisten tilojen riittävyys	40
6.4	Investoinnit ja niiden tarpeet	41
7	YHTEENVETO	43
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	45
	LIITE 1: MATKARAPORTTI	46

1 JOHDANTO

Cross laminated timber (CLT) on Keski-Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa suosiotaan kasvattava rakennusmateriaali, joka pystyy kilpailemaan vahvuudella ja ekologisuudellaan betonin kanssa kerrostalorakentamisessa. Suomessa on jo hieman rakentunut teollisuutta tuotteen ympärille, mutta vielä ei voida sanoa, että tuote on lyönyt itseään täysin läpi markkinoilla. Tilaelementti on tehdasolosuhteissa mahdollisimman pitkälle viimeistelty puurakentamisen tuote. Se sisältää ala- sekä yläpohjan ja vaadittavat seinärakenteet. Tehdasolosuhteissa tehty rakentaminen mahdollistaa urakan hyvän hallinnan eivätkä rakenteet altistu sisätiloissa sääolosuhteille. Tilaelementti voi yksinään muodostaa kokonaisen rakennuksen tai vain tietyn osan siitä, kuten saunan. Tilaelementti voi myös käsittää yhden osan kokonaisuudesta, jossa tilaelementeistä muodostuu isompi rakennus kuten koulu tai päiväkot.

Työn tarkoituksena oli kartoittaa CLT:n käyttömahdollisuuksia tilaelementtirakentamisessa. Työn tiilajana toimi tilaelementeistä muunmuassa päiväkoteja, kouluja ja toimistorakennuksia rakentava yritys Elemenco Oy. Elemencon toimipiste sijaitsee Luikonlahdessa, Kaavilla ja se työllisti vuonna 2014 12 henkeä. Iso osa yrityksen rakentamista kohteista on julkisia rakennuksia joita yritys tarjoaa kaikkialle Suomeen. Paikallisen, pienen yrityksen vahvuudet löytyvät se paikallisuudessa ja vahvassa osaamisessa ja Elemenco onkin pärjännyt alalla verrattain hyvin ottaen huomioon yleisen taloudellisen tilanteen.

Työssä pyritään keskittymään eri mahdollisuuksiin mitä CLT Elemencolle voisi antaa, missä laajuudessa ja millä tavalla sitä voitaisiin käyttää. Työssä pohditaan myös asioita joita pitää ottaa huomioon mietittäessä CLT:n käyttöönottoa, kuten raaka-aineen saatavuutta, taloudellista tilannetta ja CLT:n mahdollisia myyntivaltteja ja markkinointikeinoja. Elemencon tehdessä omia päätöksiään CLT:tä ajatellen, yritys pystyy käyttämään tätä työtä pohjana näille päätöksille.

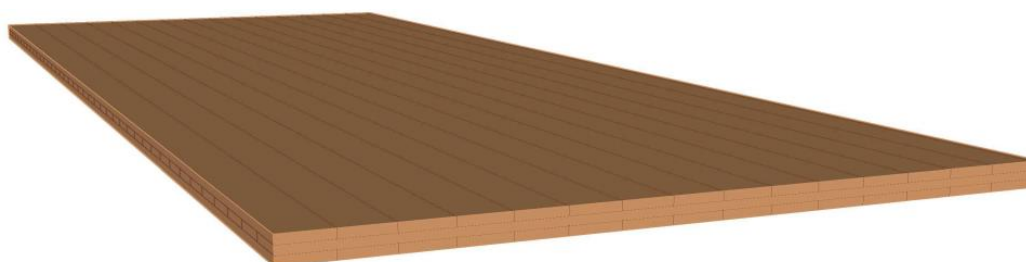
CLT on uusi tuote, josta ei ole paljoa suomenkielistä tutkimustietoa tai aineistoa. Suomessa alalla toimivat yritykset Stora Enso ja Oy Crosslam Kuhmo Ltd tarjoavat kuitenkin jonkin verran aineistoa. Tämän lisäksi suomalaista aineistoa sain kiintopuu.fi sivustolta, sekä Lappia ammattikoulun tarjoamista opinto- ja tutkimusmateriaaleista. Näiden lisäksi tutustuin aiheeseen lukuisten englanninkielisten aineistojen avulla. Tärkein näistä oli FBInnovationsin tarjoama yhdysvaltojen markkinoille kohdennettu CLT Handbook, 2013. Tämä kirja toimi todella hyvänä pohjamateriaalina opinnäytetyölle. Työ toteuttaminen oli siis aineistojen lukemista ja aiheeseen perehtymistä. Saamieni tietojen perusteella pystyin pohtimaan CLT:tä mahdollisena tuotteena yritykseen, jossa olen ollut töissä kolmena kesänä opintojeni lomassa.

Työhön liittyen osallistuin Elemencon toimitusjohtaja Antero Vartiaisen mahdollistamana Eastwoodin järjestämälle tutustumismatkan Keski-Eurooppaan. Keski-Euroopassa tuotetaan yli 80 % koko maailman CLT tuotannosta, joten matkalla pystyi näkemään missä mittakaavassa tuotanto voisi olla ja minkälaista CLT:n tuotanto on sen kaikilla osa-alueilla. Työn liitteistä löytyy matkasta tehty matkareportti, missä kerrotaan yksityiskohtaisesti matkalla vierailtuista yrityksistä ja kohteista sekä CLT-teollisuuden yleiskuvasta sen synnyinsijoilla.

2 CLT

Cross laminated timber (CLT) on 90-luvun puolella välin Keski-Euroopassa kehitelty puuteollisuuden tuote, jonka kysyntä on viimeisien vuosien aikana kasvanut huomattavasti ympäri maailmaa. Se on ensisijaisesti rakennusteollisuuteen tarkoitettu massiivipuinen tuote, jolla pystytään vastaamaan moniin puurakentamisen heikkouksiin.

Levymainen, massiivipuinen, ristikkäin liimattu rakenne antaa CLT:lle hyviä ominaisuuksia muun muassa lujuudessa, jäykistävytydessä, ääneneristävytydessä ja lämmöneristävytydessä. CLT-levy on levymainen tuote, jonka kokonaispaksuus vaihtelee välillä 40–400 mm, ulkomittojen enimmäismäärän ollessa noin 3,5 x 16 m (kuva 1). (Kiintopuu.fi.)

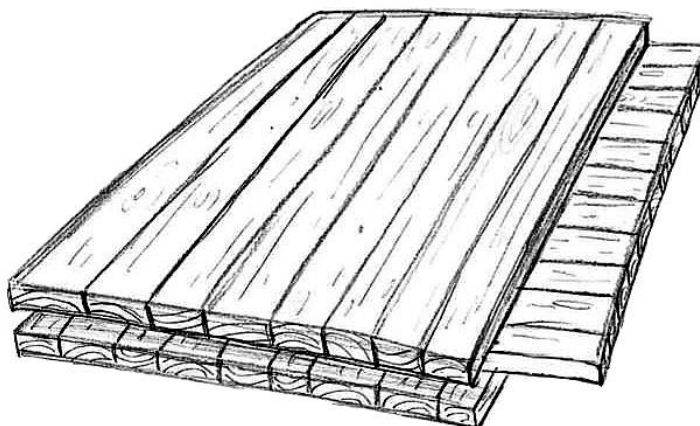


Kuva 1. AutoCad:lla mallinnettu kuva CLT-levystä, (Ahlberg Aku 2014)

CLT:n hyvät lujuustekniset ja jäykistävät ominaisuudet mahdollistavat puukerrostalojen kerrosmäärän nostamisen jopa 12 kerrokseen. Ekologisuus on puun käytön yksi suurimmista mainoslauseista ja sama pätee CLT:hen. Nämä kaksi asiaa ovat CLT:n ominaisuuksista tärkeimpiä, mutta se omaa tuotteena muitakin vahvuuksia ajatellen rakentamista. Ominaisuuksiensa vuoksi CLT:tä pidetään yhtenä tulevaisuuden rakennusmateriaalina ja puurakentamisen suosion nostajana. (Kiintopuu.fi.)

2.1 Rakenne

CLT on ristikkäin ladotuista puulevykerroksista muodostuva massiivipuinen levytuote. Kuvassa 2 havainnollistetaan kuinka yksittäisistä lankuista tai laudoista koostuvat kerrokset ovat 90° kulmassatoisinaan nähden. CLT onkin yksinkertaisesti ilmaistuna muunnelma kaikille tutusta puuteollisuuden tuotteesta, vanerista. Vanerissa olevat viilukerrokset ovat korvattu massiivisemmalla raaka-aineella. Yleisin käytössä oleva puulaji on kuusi, mutta esimerkiksi Suomeen CLT:tä tuova Stora Enso valmistaa tarvittaessa levyt männystä tai lehtikuusesta. (Stora Enso.)



Kuva 2. Havainnekuva CLT-levyn ristikkäisestä rakenteesta (Ahlberg Aku 2015)

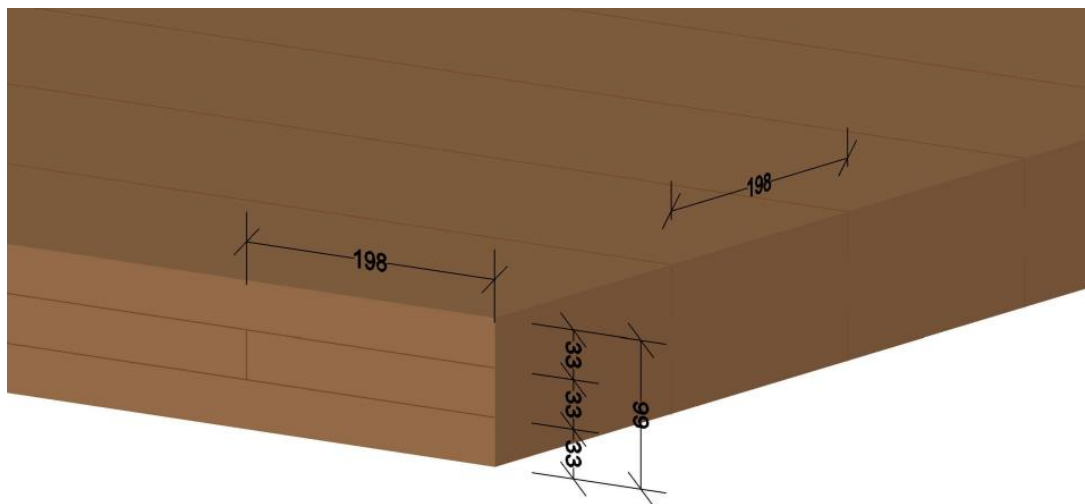
Käyttökohteen vaatimuksista mukaan, CLT-levyn paksuus on 60–400 mm, kantavien rakenteiden vähimmäispaksuuden ollessa noin 100 mm. Yhden CLT-levyn korkeus määrittyy hyvin pitkälle kerroskorkeuden mukaan, eli yleisesti ottaen se on noin kolme metriä. Levyn pituus on 6–6 metriä, mikä määräytyy valmistusteknisistä ja kuljetuksellisista syistä. CLT soveltuu kaikkiin rakenteisiin eli siitä pystytään haluttaessa rakentamaan kerrostalon kaikki seinä-, välipohja- ja kattorakenteet.

Euronormien mukaan CLT-levyn tulee olla rakenteeltaan symmetrinen, minkä johdosta lamelleja on pariton määrä ja lamellien paksuuksien pitää myös jakaantua symmetrisesti. Kuvassa 3 on esimerkkejä 3- ja 5-kerroksisten CLT-levyjen poikkileikkauksista. Lamellin lujuusluokka vaihtelee välillä C16–C40 ja yleisimmät käytössä olevat kerrosten määrät ovat 3 ja 5. Käyttökohteesta mukaan CLT-levyn paksuus voi olla myös edellisessä kappaleessa mainittu 400 mm, jolloin rakenne on monikerroksisempi. (CLT Handbook)



Kuva 3. Poikkileikkauksia 3 ja 5 kerroksisista CLT-levyistä (Ahlberg Aku 2015)

Lamellien paksuudet ovat symmetrisyyden vuoksi peilikuvia toisistaan eli esimerkiksi 125 mm paksun 5-kerroksisen CLT-levyn lamellijako voi olla 30 – 20 – 25 – 20 – 30. Kuvassa 4 on esitetty 99 mm paksulle kolmikerroksiselle CLT-levylle mahdollinen 33 – 33 – 33 lamellijako. Yhden lamellin paksuus riippuu CLT-rakenteen ratkaisusta ja vaadittavasta kantavuudesta. Yksittäisen lamellin paksuus vaihtelee välillä 20–50 mm (jopa 70 mm). (kiintopuu.fi.)



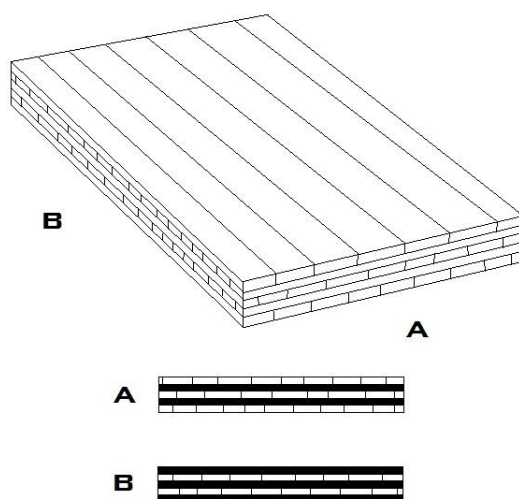
Kuva 4. AutoCadilla mallinnettu esimerkki CLT-levyn lamellijaosta (Ahlberg Aku 2014)

2.2 Ominaisuudet

2.2.1 Rakenteellinen lujuus

Puun lujuuteen vaikuttavat puulaji, sen tiheys, mahdolliset viat ja sen kosteusprosentti. Se mistä suunnasta puun syitä vastaan kuorma eli voima on, vaikuttaa taivutuslujuuteen selvästi. Syiden suunnassa taivutuslujuus on suoraan verrannollinen puun tiheyteen. Syiden suuntainen vetolujuus on noin 10 – 20-kertainen verrattuna vastaavaan arvoon kohtisuoraan puun syitä vastaan. (puuinfo.fi.) Kuvassa 5 esitetty ristikkäin liimattu rakenne poistaa tämän puun materiaallisen heikkouden ja luo CLT:stä yhtenäisen rakenteen, jonka lujuusominaisuudet ovat hyvin samat joka suuntaan. Tämä ominaisuus mahdollistaa isompien levymäisten rakenteiden tekemisen CLT:stä betonirakenteiden tapaan. (kiintopuu.fi.)

CLT-levyjen suuri rakenteellinen lujuus avaa puurakentamisessa uusia arkkitehtonisia ja suunnittelullisia mahdollisuuksia. Ristikkäisen rakenne antaa joustavammat mahdollisuudet tilojen suunnitteluun. Näiden ominaisuuksien vuoksi suunnittelua voidaan yksinkertaistaa ja välipohjapaksuuksia pystytään ohentamaan. Levyillä pystytään myös toteuttamaan korkealaatuisia ulokkeita ja pistetuettuja rakenteita. Poikkisuuntaisten lamellien ansiosta CLT-levyllä on myös suuri kantavuus, sillä kantava leveys on yleensä sama kuin koko levyn leveys. Rakenteellisen jäykkyydensä ansiosta CLT vähentää myös rakennuksen jäykistystarvetta. (clt.info/fi.)



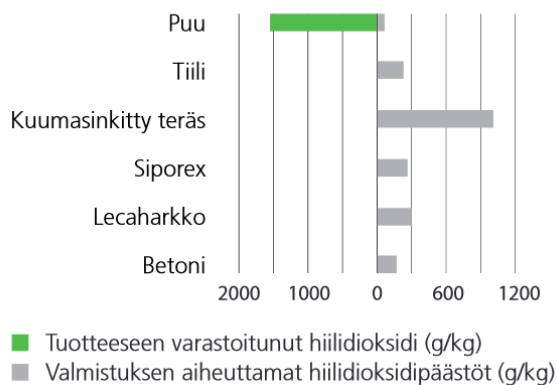
Kuva 5. CLT-levyn poikkileikkauksien tarkastelusuunnasta (A ja B) riippuen (Ahlberg Aku 2015)

CLT-levyjä käytetään kantavana ja jäykistävänä rakenteena seinä- välipohja- ja kattorakenteissa. Ristikkäisen rakenne antaa sille etuja joita muilla puurakentamisen tuotteilla ei ole, mutta saman ominaisuuden vuoksi CLT on alttiimpi ajasta riippuville muodonmuutokselle. CLT-rakenteiden osalta onkin rakennesuunnittelussa kiinnitettävä erityisesti huomiota kuorman ajalliseen kestoon ja taipu-
maan. (CLT Handbook)

2.2.2 Ekologisuus

Puutuotteiden hiilijalanjälki on pieni, koska se varastoi itse metsänä hiilidioksidia. Sen lisäksi valmis-
tuksessa syntyvä sivutuote voidaan muuttaa energiaksi ja tuotteen elinkaaren lopussa se pystytään
edelleen hävittämään polttamalla, jolloin saadaan lisää energiaa. Tästä saatu energia on uusiutuvaa
energiaa, jolla voidaan korvata uusiutumattomia energian lähteitä. Pitkäikäiset puuvalmisteiset tuot-
teet voivat varastoida hiilidioksidia jopa vuosisatojen ajan. Kuviossa 1 on esitetty yleisimpien raken-
nusmateriaalien hiilidioksidipäästöjä ja niiden kykyä varastoida sitä. Puu on selvästi ekologinen vaih-
toehto ajatellessa tuotteen koko elinkaarta. Puu on myös uusiutuva luonnonvara, jota Euroopassa ja
Suomessa kasvaa enemmän kuin sitä kaadetaan. (puuinfo.fi.)

ULKOSEINÄ/HIILIDIOKSIDI



Kuvio 1 Yleisimpien rakennusmateriaalien hiilijalanjälki (puuinfo.fi.)

Puu on CLT:n ekologisuuden päätekijä, mutta ajateltaessa rakennusmateriaalin ympäristöystävällisyyttä pitää koko tuotteen elinkaari ottaa huomioon. CLT:n etuja ovat myös sen keveys ja ohuus, sillä kevyempi rakennus ei vaadi isoja nostureita eikä yhtä jämeriä perustuksia kuin vaikka betonista rakennettu vastaava rakennus. Samojen ominaisuuksien vuoksi CLT-elementtien siirtäminen rakennuspaikalle on myös ympäristöystävällisempää. Suomen palomääräyksien vuoksi CLT tulee suojaverhota asiaan kuuluvalla ja standardit täyttävällä tavalla ja nämä asiat voidaan puolestaan mainita CLT:n päästöjä lisääviksi ominaisuuksiksi.

Yleisesti ottaen voidaan sanoa että CLT on rakennusmateriaalina yksi ympäristöystävällisimmistä. Rakennuksen muissa elinkaarissa aiheutuvia päästöjä pystytään vähentämään oikealla suunnittelulla. Energiamääräykset ja rakennusprosessien tehokkuus-vaatimukset lisäävät CLT-rakentamisen kilpailukykyä, sillä edellämainittujen ominaisuuksiensa ansiosta se pärjää rakennusmateriaalina loistavasti näissä kategorioissa verrattuna perinteiseen kerrostalorakentamiseen. (kiintopuu.fi.)

2.2.3 Palo-ominaisuudet

Puu mielletään paloturvallisuudeltaan huonoksi materiaaliksi vaikka todellisuudessa esimerkiksi CLT-levyistä tehdyn rakennuksen palotekniset ominaisuudet on verrattain hyvät. Puu on palava materiaali, mutta se on itsessään jo paloturvallinen ja lisäämällä siihen vaadittavan suojaverhouksen ja automaattisen sammutuslaitteiston voidaan sillä saavuttaa helposti 30, 60, 90 ja 120 minuutin palonkestoajat. CLT on rakenteeltaan kiinteä ja sen takia se on jo huomattavasti parempi palo-ominaisuuksiltaan kuin muut puutuotteet. (puuinfo.fi.)

Yleisesti ottaen puu syttyy 250 – 300 °C:ssa. Sytyttyään puu alkaa hiiltä noin 0,8 mm minuutissa. Kiinteässä massiivisessa puutavarassa palo etenee hitaammin, sillä hiiltynyt kerros suojaa puuta hidastamalla puutavaran sisäosien lämpötilan nousua ja näin palon etenemistä. Esimerkiksi puun sisällä 15 mm:n päässä hiiltymisrajasta puun lämpötila on alle 100 °C. Syttymisherkkyyteen vaikuttaa puutavaran paksuus, siinä olevat säröt, terävät kulmat. CLT käyttää hyväkseen näitä kaikkia ominaisuuksia ja parantaa näin ollen huomattavasti palo-ominaisuuksiaan. Hiiltymisen ollessa tasaista, voidaan se ottaa helposti huomioon mitoituksia tehtäessä. Kuormankestävyys ja sortuminen palotilanteessa ovat näin ollen tarkasti ennakoitavissa. (CLT Handbook.)

Rakenteellinen palonsuojaus tehdään yleisesti ottaen kipsikartonkilevyillä. Palotilanteessa kipsissä oleva sidevesi höyrystyy ja laskee levyn lämpötilaa palon vastakkaiselta puolelta. Tämä hidastaa puun syttymistä ja palonkestoaikaa saadaan paremmaksi.

Rakennusten paloturvallisuusmääräykset on asettettu RakMK:n osassa E1. Vuonna 2011 uudistuneiden määräysten mukaan puuta voidaan käyttää runkomateriaalina kaikissa paloluokissa enintään 2-kerroksisissa rakennuksissa ja P2-paloluokassa myös 3- ja 8-kerroksisissa asuin- ja työpaikkarakennuksissa. Puurunkoiset 3 - 8-kerroksiset kerrostalot tulee varustaa automaattisella sammutuslaitteistolla. Automaattista sammutuslaitteistoa ei vaadita P2-paloluokan 3 - 4 kerroksisiin asuintaloihin, joissa kaikki kerrokset kuuluvat samaan asuinhuoneistoon. (puuinfo.fi.)

Sammutusjärjestelmä voi olla perinteinen sprinklaus tai korkeapainevesisumuspriklaus. Näistä sumuspriklausta suositellaan enemmän, koska se ruiskuttaa veden sijasta vesisumua. Vesisumu tuhkauttaa palon tehokkaasti sillä toisin kuin vesipisarat sumu pääsee tasojen alle ja levittäytyy tehokkaammin. Jokainen sprinkleri on erikseen säädetty reagoimaan lämpötilan kohoamiseen. Mikäli palo syttyy vain yhdessä huoneessa, ei se automaattisesti laukaise koko kerrostalon sammutusjärjestelmää. CLT:n kiinteä välipohjarakenne estää myös veden leviämisen tarpeettoman paljon, säästäten rakenteita vesivahingoilta. (puuinfo.fi.)

2.2.4 Akustiikka ja värähtely

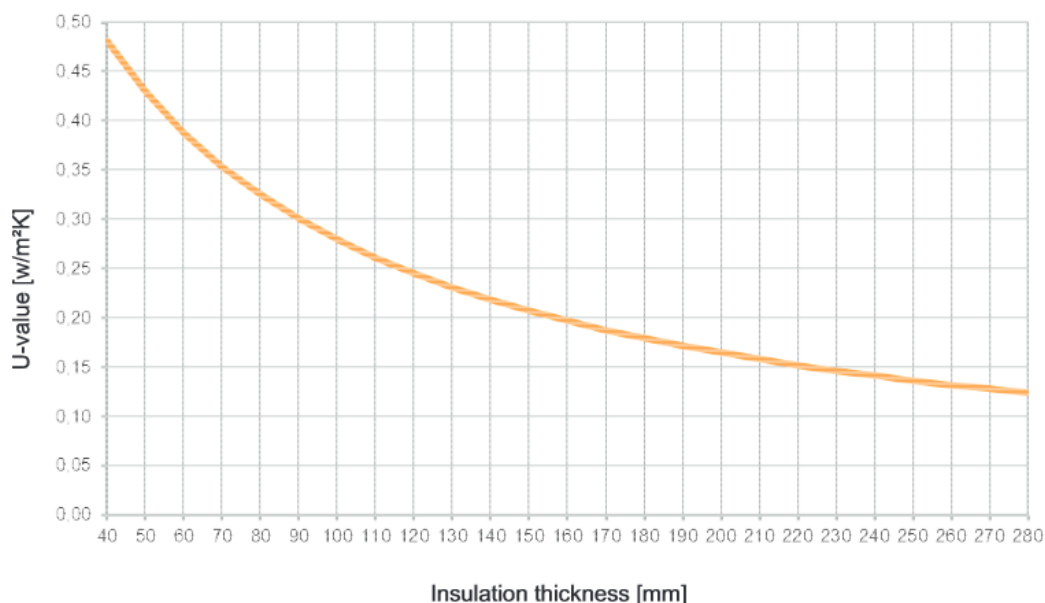
Akustiikan ja värähtelyn kannalta rakenteen tiheys on yksi merkittävistä ominaisuuksista, sillä mitä tiheämpi rakenne, sitä paremmin se eristää ääntä etenkin matalilla äänen korkeuksilla. Yleisesti ottaen jäykemmällä materiaalilla on paremmat ääneneristävyysominaisuudet. Rakennusmateriaali ei mielellään saisi olla huokoista, sillä samalla kuin huokoisalla materiaalilla on todennäköisesti pienempi tiheys, myös huokosuudella itsessään on negatiivinen vaikutus ääneneristävyyteen. Rakenteen kerroksellisuus ja ilmakerroksien määrä vaikuttaa positiivisesti ääneneristävyyteen ja rakenteessa käytettyjen kiinnikkeiden ja ainekerroksien ääneneristävyysominaisuuksilla on suuri rooli akustiikassa ja värähtelyssä. Kova lattiapinta omaa myös huonoja ominaisuuksia etenkin korkeilla äänen korkeuksilla. (CLT Handbook.)

Suurin osa näistä ominaisuuksista voidaan saavuttaa oikealla suunnittelulla ja hyvillä rakenneratkaisuilla. Rakennusmateriaalina CLT on värähtelyominaisuuksiltaan erilainen kuin kevyt puurakenne tai painava betonirakenne lattiajärjestelmä. Perinteisen puurakenteisen lattiajärjestelmän tiheys on noin 20 kg/m², betonisen lattiajärjestelmän noin 200 kg/m², CLT:n tiheyden vaihdella 30–150 kg/m² välillä. Tämä eroavaisuus tulee ottaa huomioon suunniteltaessa hyvin ääntä eristävää rakennetta. Massa ja kosteus ovat kaksi CLT:n ominaisuutta jotka vaikuttavat eniten CLT-rakenteisen lattian ja seinän ääneneristystä. Näistä massalla on suurin merkitys sillä mitä painavampi rakenne sitä paremmin se mittauksissa suoriutuu. Koska CLT:llä on monia mahdollisia rakenteita, ja sitä kautta erilaisia tiheyksiä ja massoja pitää suunnittelussa tietää käytössä olevan CLT-rakenteen ominaisuudet.

Suurin vastuu rakenteen ääneneristävyys ja värähtelyominaisuuksista jääkin suunnittelijalle, joka pystyy oikeilla ratkaisuilla saavuttamaan CLT:llä asukkaita ja käyttäjiä miellyttävän lopputuloksen. Käyttämällä äänikatkoja joustavia kerroksia, käyttämällä sivuavina rakenteina massiivisia rakenteita ja kiinnittämällä rakenteet joustavasti toisiinsa voidaan poistaa rakenteiden käyttämät sivutiesiirtymät. (CLT Handbook.)

2.2.5 Kosteus- ja lämpötekniset ominaisuudet

CLT on esimerkiksi passiivitaloihin erittäin hyvin soveltuva rakennusmateriaali. Sen pitkät saumattomat rakenteet tekevät siitä ilmatiiviin, eikä se päästä lämpöä karkaamaan ulos. Puu sitoo myös loistavasti lämpöenergiaa, joka auttaa pitämään rakennuksen lämpimänä talvella ja viileämpänä kesällä. Siihen pystytään myös liittämään kaikki vaadittavat lisäeristeet ja pintamateriaalit, jolloin päästään helposti vaadittaviin U-arvoihin. Kuviossa 2 on Stora Enson laskemia arvoja siitä miten lisätyn eristekerroksen paksuus on vaikuttanut 100mm paksun CLT-levyn U-arvoon. (clt.info/fi)



Kuvio 2. Eristekerroksen paksuuden vaikutus CLT-levyn U-arvoon. (clt.info/fi)

CLT:n kiinteän massiivipuisen rakenteen vuoksi se ei myöskään tarvitse erikseen sisäpintaan asennettavaa höyrynsulkua. Kosteus haihtuu myös rakenteista nopeasti sen vaatiessa silti normaalin suojauksen märkätiloissa. Muut asennettavat materiaalit on helppo asentaa CLT:n pintaan sillä esimerkiksi verrattuna puurankaiseen rakennukseen eristeitä ei tarvitse välttämättä asentaa puurakenteiden väliin. Tämä yksinkertaistaa rakennetta, tekee siitä tiiviimmän eikä kylmäsiltoja pääse muodostumaan. CLT:stä on myös kehitelty rakenteita joissa kahden CLT-levyn väliin jätetään betonirakentamisestakin tutulla tavalla eristettä kuten Finnfoam

2.2.6 Seisminen käyttäytyminen

Suomen oloissa maanjäristyksen vaikutuksia ei tarvitse erikseen mitoittaa. CLT:stä rakennetaan kuitenkin monikerroksisia kerrostaloja myös mannerlaattojen kohtausvyöhykkeellä, jossa suurin osa maanjäristyksistä esiintyy. Maailmalla tehtyjen numeraalisten tutkimusten ja käytännön kokeiden avulla voidaan todeta että CLT on käyttökelpoinen rakennusmateriaali rakennettaessa keskisuuria kerrostaloja.

Maanjäristystilanteessa kantavana rakenteena toimiviin seiniin kohdistuvat voimat siirtyvät liitoksiin ja niiden mekaanisiin kiinnikkeisiin. Näin ollen itse kantava rakenne ei kärsi huomattavia vaurioita ja CLT-rakenteinen rakennus säilyttää turvallisuuden järjestystilanteessa. Liitoksiin kohdistuvat voimat aiheuttavat vaurioita itse mekaanisiin liitoksiin ja niiden välittömään läheisyyteen, mutta vauriot voidaan helposti korjata kiinnikkeiden uudella sijoituksella.

Maanjäristyksien vaikutusta CLT-rakenteisiin rakennuksiin on laskettu ja mitattu niin Eurooppalaisten ja Japanilaisten yhteisvoimin kuin Kanadalaisten toimesta. Vuonna 2007 Japanissa järjestettiin Italia-laisten viranomaisten toimesta seitsemän kerroksisen CLT-rakenteisen kerrostalon maanjäristystestit. Rakennuksen kaikki rakenteet olivat tehty CLT:stä. Alempien kahden kerroksen kantavien seinien paksuus oli 142mm, seuraavan kahden 125mm ja viimeisten kolmen 85mm. Liitokset olivat toteutettu ruuveilla, erilaisilla kulmapidikkeillä ja tapituksella. Rakennukseen kohdistettiin vuonna 1995 Japanissa tapahtuneen järistyksen voima eli 7.2 Richteriä. Tutkimusten tulokset olivat vaikuttavia, rakennus kesti siihen kohdistetut voimat ilman muodonmuutoksia ja pienimmät vauriot olivat helposti korjattavissa. Rakennus oli testien jälkeen edelleen käytettävissä. (CLT Handbook)

2.3 Valmistus

CLT:n valmistaminen on hyvin automaattinen, koneiden suorittama prosessi, joka ei vaadi paljoa käsitöitä. Näin ollen raaka-aineena CLT-levyn valmistaminen ei ole paljoa työllistävää vaikutusta ja valmistus painottuu tuotannon ja tuotteen suunnitteluun. (CLT Handbook.)

Yksinkertaisesti sanottuna CLT-levyn valmistusprosessi on seuraava:

- puutavaran valinta ja kuivaus
- puutavaran laadun tarkastus
- sormijatkaminen ja tavaran katkaiseminen
- kerrosten asettelu ja liimaus
- levyn puristus
- koneistukset
- merkinnät
- pakkaus.

(CLT Handbook.)

CLT-levyn yleisin valmistusmateriaali on kuusi. Muutkin puulajit ovat mahdollisia ja esimerkiksi Stora Enso tarjoaa haluttaessa lehtikuusta tai mäntyä. Visuaalisesti raakatavaran voi halutessaan saada joko näkyvänä tai ei näkyvänä, eikä tällä lujuusteknisesti ei ole suurta merkitystä. Ristiin liimauksen ja useiden puukerrosten takia yksittäisen laudan tai lankun viat eivät myöskään vaikuta lopputulokseen merkittäväällä tavalla.

Tehtaalle tuleva raakatavara kuivataan 12 % kosteuteen ($\pm 3 \%$), joka estää puun elämistä ja halkeamien muodostumista. Suomessa raaka-aine voidaan tilata tavoitekosteudessa joten kuivaaminen ei välttämättä ole pakollista. Lujuusteknisistä ja visuaalisista vaatimuksista riippuen, puutavara lajittallaan lopputuloksen vaatimalla tavalla. Lajittelu on voinut tapahtua jo sahalla josta raaka-aine on tilattu, mutta esimerkiksi sormijatkolinjan tulisi olla laaduttava.

CLT:n rakenteellinen vahvuus on sen ristiin liimattu rakenne, minkä johdosta kerroksissa olevat puut ovat joko vaakasuunnassa tai pystysuunnassa. Vaakasuunnassa olevat kerrokset vaativat jopa 16 metriä pitkää raaka-ainetta, joten nämä kerrokset valmistetaan sormijatkettulla tavaralla ja katkaistaan sormijatkamisen jälkeen vaadittuun mittaan. Toiseen suuntaan olevat kerrokset ovat huonekorkeuden mukaan noin 3m pitkiä. Nämä osat voivat hyvin tulla tehtaalle määrämittäisenä nopeuttaen valmistusprosessia.

Puun ollessa oikean mittaista ruvetaan raakatavarasta kokoamaan itse CLT-levyä. Vaaka ja pystysuunnassa olevat kerrokset ladotaan linjalle 90° :n kulmassa toisiaan nähden, levittäen kerroksien väliin tuotannossa käytössä olevan liiman. Tämä tuotannon vaihe jakaa käytössä olevat tekniikat kahteen tapaan. Osa valmistajista syrjäliimaa puutavaran liimapuulevyksi ennen ladontaa, ja osa latoo yksittäin kaikki kerroksen puutavarat ilman liimausta linjalle. Kaksi CLT-teollisuuden suurinta vaikuttajaa eli Stora Enso ja KLH eroavat tuotannossaan tässä kohtaa toisistaan, Stora Enso syrjäliimaa ja KLH ei. Myös yritysten käyttämät liimat eroavat toisistaan.

Nykyään käytössä olevat liimat ovat Polyuretaani pohjainen liima (PUR) fenoliresorsinoliformaldehydi-liima (PRF), melamiiniureaformaldehydi (MUF) ja Epoksiliima (EPI). Näistä liimoista PUR, EPI ja MUF kuivuvat nopeasti ja jättävät läpinäkyvän lopputuloksen kun taas PRF tumman. PRF on enemmän Pohjois-Amerikassa oleva liima ja PUR Euroopassa. Liima valittaessa tulee miettiä mahdollista puristusaikaa joka voi vaihdella 10 minuutista useisiin tunteihin. Linjaston nopeus vaikuttaa myös liiman valintaan, liiman valmistajan ilmoittaa esimerkiksi ajat jolloin puristuksen tulisi alkaa levittämisen jälkeen.

Kerroksien ollessa paikallaan valmis CLT-levy siirtyy linjastolla puristukseen. Puristimet voidaan jakaa hydraulisesti (kuva 6) ja tyhjiöllä toimiviin. Erona näillä kahdella on maksimi puristusvoima joka on hydraulisessa puristimessa huomattavasti suurempi. Suurin osa käytössä olevista puristimista onkin hydraulisia, mutta myös tyhjiöllä toimiville puristimille on oma käyttökohteensa. Riippuen puristimista se voi myös puristaa CLT-levyä kaikilta sivuilta estäen kerroksien liikkumisen ja ilmapälien muodostumisen. Eniten käytössä olevat liimat kuten PUR ja PRF eivät vaadi erillistä lämmitystä puristuksen yhteydessä.



Kuva 6 CLT-levyn puristus hydraulisella puristimella (Ahlberg, Aku 2014)

Puristuksen jälkeen CLT-levy hiotaan kummaltakin puolelta ja viimeistellään se oikeaan paksuuteen 0.1 mm tarkkuudella. Hionnan jälkeen levy on valmis koneistuksia varten. Rakennussuunnitelmien mukaiset ikkuna- ja oviaukot sekä elementtiliitosten ja LVIS-asennusten vaatimat töystöt tehdään automaattisella CNC-koneella (tietokoneistettu numerinen järjestelmä). Kone tekee töystöt optimaalisissa olosuhteissa saavuttaen mittatarkan lopputuloksen. Suunnittelu- ja työstöohjelmistosta riippuen jo tehdyt suunnitelmat voivat olla suoraan siirrettävissä CNC-koneelle, väistään ylimääräisen työn työstöratojen uudelta suunnitelmalta.

Valmiit (kuva 7) CLT-levyt ovat valmiita merkittäväksi ja pakattavaksi ja usein CNC-työstöjä tekevät ohjelmat tekevät valmiiksi myös pakkauslistan ja järjestyksen jossa ne tulisi kuljetukseen sijoittaa. (CLT Handbook.)



Kuva 7 Valmista CLT-levyä Mayr Melnhofin tehtaalta Gaishornissa. (Ahlberg, Aku 2014)

2.4 Käyttökohteet

Kuten työssä on jo edellä mainittu, sopii CLT erittäin hyvin kerrostalorakentamiseen. Sen lisäksi CLT on käyttökelpoinen miltein kaikkiin mahdollisiin kohteisiin aina pientaloista teollisuushalleihin. Rakennusmateriaalina se soveltuu kaikkiin käytössä oleviin puurakenteisiin sekä sitä voi yhdistellä myös esimerkiksi teräs-, ja betonirakenteisiin. CLT:llä pystytään toteuttamaan saman talon ulko- ja väliseinät sekä alapohjan, välipohjan ja yläpohjan. Rakennusmateriaalina sitä usein verrataan betonirakenteisiin. (Kiintopuu.fi.)

Suomessa Stora Enso on eri rakennusalan yritysten kanssa yhteistyössä toteuttanut useita rakennuskohteita. Rakennuksiin käytetyt CLT-levyt Stora Enso tuo omilta tehtailtaan Itävallasta. Tunnetuin rakennus on Suomen luontokeskus Haltia Espoon Nuuksiossa. Jyväskylän vuoden 2014 asuntomessuillekin kohosi yksi kolmesta suunnitellusta kahdeksan kerroksisista asuinkerrostaloista nimeltä Puukuokka. Lähivuosina CLT:stä aiotaan toteuttaa useita suunnitelmia eri puolilla Suomea. Vuoden 2015 aikana Jyväskylään rakennetun Puukuokan yhteyteen nousevat suunnitelmien mukaisesti Puukuokka 2 ja 3. Yhteensä Kuokkalaan rakennettujen kolmen kerrostalon kerrosala on noin 10 000 m^2 . Seinäjoen asuntomessujen yhteyteen on suunnitteilla samantapainen ratkaisu kuin Jyväskylässä, mutta hieman pienemmällä 5–6 kerrosmäärällä. (Puuinfo.fi.)

CLT-rakentamisen lippulaivahankkeena voidaan pitää Helsingin Jätkäsaareen rakennettavaa Jätkäsaaren Wood Cityä, joka käsittää toimistoja, hotellin, liiketiloja ja asumista yhteensä noin 28 000 m^2 edestä. Hanke on Stora Enson ja SRV Yhtiöt Oyj:n yhteishanke jossa myös Helsingin ATT on mukana. Kaupunkilaiskorttelin on tarkoitus edustaa suomalaista osaamista ympäristöystävällisessä rakentamisessa joka rakennusmateriaalivalinnoilla, alhaisella valmistuksenaikaisena energiakäytöllä sekä rakennusten pienellä energiakulutuksella hillitsee omalta osaltaan ilmastonmuutosta. (Puuinfo.fi.)

Vuosittain valmistuu uusia korkeimpia CLT-rakenteisia puurakennuksia ja suunnitelmia tehdään koko ajan lisää. Vuonna 2009 Lontooseen valmistui siihen mennessä korkein yhdeksänkerroksinen puutalo Stadthaus. 2012 Australian Melbourneen kohosi taas kymmenenkerroksinen Fortè-talo. Norjaan on 2015 keväällä valmistumassa 14-kerroksinen, 49 metriä korkea CLT-rakenteinen puukerrostalo Bergeniin. Tulevaisuudessa uusien kerrostalohankkeiden määrä ei ainakaan tuotatokehityksen ja rakentamisen ympäristöystävällisyyden perusteella tule laskemaan, vaan päinvastoin. Uudet sovellukset ja CLT:n sopiminen maanjärjestysalueella tapahtuvaan rakentamiseen tulevat nostamaan sen suosiota edelleen. (Timber-online.net.)

CLT on siis ominaisuuksiltaan kantava rakennusmateriaali jota voidaan soveltaa rakennukseen kuin rakennukseen. Sillä voidaan toteuttaa kaikki seinärakenteet sekä ala-, väli- ja yläpohjat. Rakennusmateriaalin hydroskooppisten ominaisuuksien takia hörysulkua ei tarvitse asentaa ollenkaan, eikä sisäpuolelle tarvitse välttämättä mitään pinnoitusmateriaalia jos palomääräykset eivät sitä erikseen vaadi. Kerrostalorakentamisen palomääräykset ovat vaativammat joten kerrostaloissa CLT:n sisäpintaan laitetaan esimerkiksi määräyksiin vaatima määrä kipsilevyä.

Pintalaadultaan CLT on aina hiottua ja sen voi valita joko näkyväksi tai ei-näkyväksi eli teollisuuslaaduksi. Tiedonhankintamatkalla huomasin myös että esimerkiksi teollisuushalleissa CLT ei tarvitse välttämättä mitään muuta pintamateriaalia ja se voi yksinään olla rakennuksen ainut seinämateriaali. Keski-Euroopan lämpötila- ja muut sääolosuhteet ovat kuitenkin hyvin erilaiset kuin Suomessa joten sama toimintamalli ei ainakaan kustannustehokkaasti tule toimimaan täällä pohjoisessa.

2.5 CLT-rakentaminen Suomessa ja maailmalla

Tällä hetkellä koko maailman CLT-tuotanto on keskittynyt Keski-Eurooppaan. Vuonna 2014 CLT:n tuotanto oli noin 625 000 m³ ja niistä Itävalta tuotti noin 60 % ja Saksa 16 %. Tuotanto Keski-Euroopassa jatkaa kasvuaan ja alueen isoimmat yritykset tekevät uusia investointeja. Enään maailmalla ei kuitenkaan haluta ostaa valmista CLT-levyä Keski-Euroopasta vaan halutaan hyödyntää omia puuvarantoja. Yhä useampia suunnitelmia ja investointeja tulee julkisuuteen eri puolilla maailmaa.

Pohjois-Amerikassa on jo tuotantoa, mutta tuote ei ole vielä lyönyt itseään läpi rakennusallalla. Alueella on kuitenkin todella iso potentiaali ja esimerkiksi Montanassa, Yhdysvalloissa sijaitseva Smartlamin tehtaassa tuotanto aiotaan nelinkertaistaa noin 115 000 m³ vuotuisen tuotantoon vuoteen 2016 mennessä. Japanissa nykyinen tuotanto on vain 10 000 m³/vuosi, mutta maassa on tehty päätös oman CLT-tuotannon kasvattamisesta. Kymmenen vuoden aikana nykyinen tuotanto aiotaan moninkertaistaa noin 500 000 m³/vuosi. Muita valmistajia maailmalta löytyy esimerkiksi Suomesta, Latviasta, Australiasta ja Uudesta Seelannista.

Vaikka nykyinen tuotanto onkin keskittynyt Keski-Eurooppaan näyttää siltä että CLT tulee nostaamaan suosiotaan koko maailmalla. On arvioitu että nykyinen tuotannon kasvu tulee moninkertaistumaan. Rohkeissa arvioissa pidetään mahdollisena että maailmanlaajuinen kasvu tulee olemaan jopa 3 miljoonaa m³/vuosi. (Timber-online)

CrossLam Kuhmo Ltd Kuhmosta on tällä hetkellä ainoa suomalainen ja samalla ainoa pohjoismainen yritys joka valmistaa CLT-levyä. Yrityksen vuonna 2014 alkanut tuotanto työllistää 10 henkilöä ja tavoitteena on 10 000 m³ vuotuinen tuotanto. Puuteollisuus on iso osa suomalaista teollisuutta ja on selvää että jos ja kun CLT:n kysyntä tulee nousemaan, halutaan myös täällä hyödyntää omia metsävaroja.

Vaikka Stora Enso tuokin CLT-levyjä Suomeen yhä kasvavan kysynnän vuoksi entistä enemmän, ei yrityksellä ole vielä Suomessa itse levyä valmistamaa tehdasta. Stora Ensolla on Itävallassa kaksi noin 80 000 m³/vuosi CLT:tä valmistamaa yritystä.

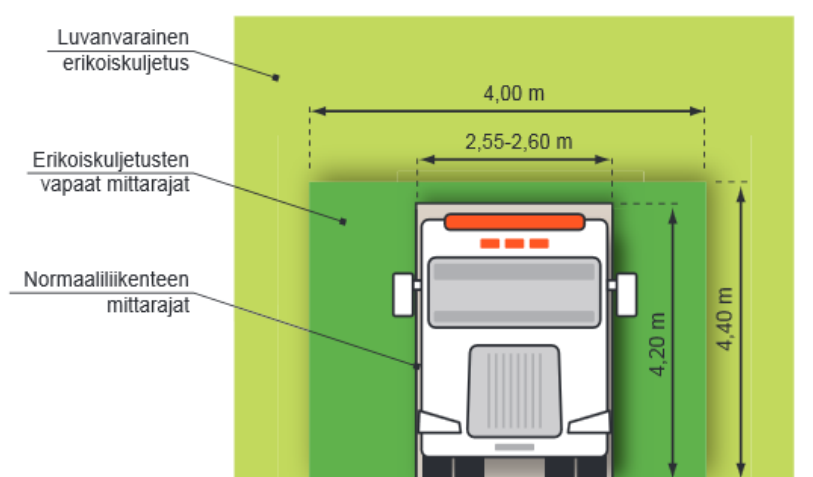
3 TILAELEMENTTIRAKENTAMINEN

Tilaelementti on ala- ja yläpohjista sekä tarvittavista seinärakenteista koostuva rakennekokonaisuus, jonka kantavina rakenteina toimivat yleisesti ottaen elementtien päätyseinät, jotka rakennuskoh- teesta riippuen ovat joko ulko- tai väliseiniä. Tilaelementti voi olla viipale useista tilaelementeistä muodostuvaa rakennusta, tai vaihtoehtoisesti se voi yksinään muodostaa kokonaisen rakennuksen. Tilaelementti voi myös olla yksittäisen osa, joka asennetaan rakennuksen sisään kuten kerrostaloon tuleva märkätila- tai saunaelementti. Tehtasolosuhteissa, poissa sään armoilta valmistetut elementit sisältävät esimerkiksi valmiit pinnoitteet ja kiintokalusteet sekä sähkö- ja LVI-asennukset. Kantavina rakenteina toimivat ulkoseinät, mutta kohteesta riippuen myös väliseinät.

Valmiiden tilaelementtien tullessa rakennuspaikalle ne asennetaan paikalleen ja liitetään toisiinsa. Tämän jälkeen työmaalla pitää vielä tehdä vesikatto, tilaelementtien väliset sähkö- ja putkiliitokset sekä kunnallistekniset liitokset. Tätä ennen työmaalla on pitänyt tehdä vaadittavat maatyöt sekä pe- rustukset. Tilaelementtirakentaminen mahdollistaa perustustöiden ja itse rakennuksen rakentamisen päällekkäisyyden ja tämä säästää aikaa sekä rahaa. Tässä työssä painopiste on puurakentamisella ja suurin osa tilaelementtirakentamisesta onkin puurakenteista. On kuitenkin esimerkiksi olemassa teräsrakenteisia tilaelementtikokonaisuuksia joita käytetään kerrostalojen sisään asennettavina mär- kätilaelementteinä.

Tilaelementtien maksimi koot määräytyvät lähinnä kuljetusteknillisten asioiden takia. Kuvassa 8 on havainnollistettu erikois ja normaalikuljetusten mittarajoja. Kuljetus on huomattavasti kokonaiskus- tannuksia lisäävä työvaihe mitä ei pysty välttämään ja tämä nähdään yhtenä tilaelementtirakentami- sen heikkoutena.

(Unto Siikanen, 111–112)



Kuva 8 Mittarajoja eri kuljetuksille. (Ely keskus.)

3.1 Käyttökohteet

Tilalementeistä voidaan siis toteuttaa isompia kokonaisuuksia tai se voi olla yksittäinen osa sellaista. Toisaalta se voi myös yksinään muodostaa kokonaisen rakennuksen. Käyttökohteesta riippumatta rakennuttaja haluaa tilaelementtirakennuksen tilatessaan pitkälle viimeistellyn tuotteen joka on nopeasti kasassa itse rakennuspaikalla.

Omakotitalojen ja muiden pientalojen rakentaminen on yleistä, mutta muut elementtijärjestelmät ja etenkin suurelementtijärjestelmä kilpailee tuotteena samasta asiakaskunnasta. Puurankaiset tilaelementit eivät ole myöskään mahdollistaneet kerrosmäärien kasvattamista ja yleisimmin ne ovatkin yksi tai kaksikerroksisia kokonaisuuksia. Muita käyttökohteita ovat etenkin julkiset rakennukset kuten koulut, päivä- ja hoitokodit. Nyt CLT on kuitenkin mahdollistanut tilaelementtirakentamisen laajentamisen kerrostalorakentamiseen ja Suomen korkein Jyväskylän Kuokkalaan rakennettu Puukuokka onkin tilaelementtijärjestelmän tuote. (Rakennustuotepalvelut.fi.)

3.2 Valmistusprosessi

Tilaelementtirakentaminen on vahvasti tehdasolosuhteissa tapahtuvaa tuotantoa. Se voidaan kärjistää jakaa kahteen osaan, rakenteiden valmistukseen, sekä niiden kokoamiseen ja viimeistelyyn. Elementtipöydällä tai jigeissä valmistetaan kaikki tilaelementin rakenteet eli ala- ja yläpohjat sekä ulko- ja sisäseinät. Valmiit rakenteet kootaan linjastolle, muodostaen niistä kokonaisen tilaelementin. Kuvassa 9 on esimerkkitalanne työn siinä vaiheesta kun alapohjaan on tuotu yksi päätyseinä, joka on reivattu sivuilta kiinni ennen muiden seinäelementtien asennusta. Tilaelementti viimeistellään ja valmis tuote suojataan viideltä sivulta ja siirretään odottamaan kuljetusta itse rakennustyömaalle.



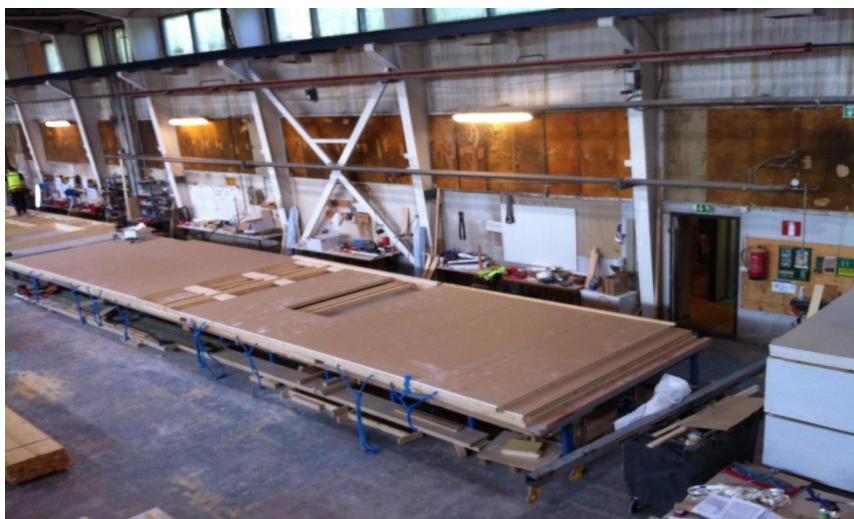
Kuva 9. Alapohjaan kiinnitetty seinärakenne (Ahlberg Aku 2014.)

Tilaelementin maksikoot johtuvat edellä mainitusti kuljetusteknisistä asioista. Yleisesti ottaen tilaelementin ne ovat 12 x 4,2 x 3,2 metriä. Elementtien ja moduulijärjestelmää suunniteltaessa nämä mitat ovat antavat suunnittelijalle maksimit, jotka ohjaavat suunnittelua.

Kuten kaikki elementtirakentaminen myös tilaelementtirakentaminen nojaa suuresti hyvään suunnitteluun jolloin menekki pystytään laskemaan tarkasti ja koko rakennusprojekti voidaan aikatauluttaa täsmällisesti. Elementtipiirustukset tehdään ARK, RAK-kuvien pohjalta ja näihin lisätään suunnitteluvaiheessa LVI- ja sähkökuvat jotta mahdollisimman paljon asennustöistä voidaan suorittaa nopeammin ja helpommin vaakatasossa elementtipöydällä.

Tehtaalle tuleva puutavara on mahdollisimman määrämittaista jolloin tehtaalla ei tarvitse erikseen kuluttaa aikaa mittaamiseen ja katkaisuun. Mikäli tilaelementeistä rakennetaan esimerkiksi pakettitalo tyyliin eri mallistoja, voi melkein kaikki tuleva puutavara olla määrämittaista. Isommissa ja toisistaan eroavissa rakennuskohteissa tämä ei kuitenkaan enää toimi. Talopakettituotanto eroakin yksittäisiä rakennuksia rakennetavista yrityksistä, sillä talopakettien tuotteet ovat samoja ja näin ollen tuotantoa pystytään suunnittelemaan tarkemmin ja kustannustehokkaammalla tavalla.

Jokaisesta elementistä on erilliset kuvat, joissa tulisi näkyä katkaisulista, mitat koko rakenteesta ja aukkojen paikat. Elementtipöydällä elementti kootaan suunnitelman mukaan sen sisältäen rungon, eristeet, tarvittavat pintamateriaalit ja mahdolliset LVIS-asennukset sekä niiden vaatimat reiät ja aukot. Kuvassa 10 on Elemenco Oy:n tehtaalta otettu kuva elementtipöydällä odottavista väliseinäelementeistä jotka ovat valmiita siirtämistä varten. Siirto elementtipöydältä voi tapahtua esimerkiksi siltanosturilla.



Kuva 10. Elementtipöydällä makaavia valmiita väliseinäelementtejä. (Ahlberg Aku 2014.)

Valmiit osaelementit siirretään elementtipöydältä mahdollisimman pitkälle viimeisteltynä linjastolle. Vaaterissa olevan alapohjan päälle kiinnitetään suunnitelman mukaiset seinärakenteet sekä yläpohja. On myös mahdollista että kattotuolit asennetaan jo tässä vaiheessa, mutta kuljetuksen asettamat korkeusraajat (maksimissaan 4,4 m) tulevat äkkiä vastaan.



Kuva 11. Kitatut kipsilevyt valmiina maalikerrosta varten. (Ahlberg Aku 2014.)

Ikkunat ja ovet voidaan asentaa elementtipöydällä tai vaihtoehtoisesti linjastolla rakenteiden ollessa pystyssä. Tilaelementti viimeistellään pintamateriaaleilla, joita ei elementtipöydällä pystytty vielä asentamaan. Halutut pinnat kitataan (kuva 11) ja pinnoitetaan esimerkiksi pohjamaalilla ja LVIS-asennusten vaatimat työt suoritetaan loppuun. Elementtien välisiin seiniin kiinnitetään kovalevyt, jotta eristykset eivät pääse tippumaan. Viimeistely tilaelementti pakataan viideltä sivulta käyttäen joko erillisiä pressuja tai muovia. Kuljetuksen aikana ilmavirta riepottelee pakkausmateriaalia joten yleensä se varmistetaan rimoilla ja laudoilla sekä ikkunat suojataan niiden yli menevillä suojaavilla rimoilla.

Pakatut tilaelementit voivat odottaa sisätiloissa siirtoa rakennuspaikalle tai ne voidaan hyvän pakauksen johdosta siirtää odottamaan siirtoa ulkotiloihin. Ulkona varastoimista pyritään välttämään mahdollisimman paljon, koska ulkona tapahtuva varastointi kasvattaa ajan myötä koko ajan kustausvahinkojen riskejä. Mikäli mahdollista, ei tilaelementtiä altistuteta sään armoille vasta kun kuljetuksen alkaessa.

Rekkojen lavoilla tapahtuva siirto rakennuspaikalle on paitsi kustannuksia lisäävä vaihe, mutta se ohjaa muutenkin esimerkiksi moduulimitoittamista. Tilaelementtien painon mukaan saatetaan jopa tehtaalla tarvita autonosturia nostamaan tilaelementtejä kuljetukseen ja ainakin rakennuskohdassa

3.3 Tilaelementtirakentaminen Suomessa

Puurakentaminen on Suomessa aina ollut yleistä ja omat metsävaramme kannustavat puun ympäristöystävällisien ominaisuuksien kanssa puurakentamiseen jatkossakin. Tällä hetkellä rakennetuista rivi- ja pientaloista 80 prosenttia ja yhtä merkittävä osa vapaa-ajan rakennuksista rakennetaan puusta. (Tolppanen, Karjalainen, Lahtela ja Viljakainen 2013, 11–12)

Suomesta löytyy useita yksityissektorille tilaelementtejä valmistavia talotehtaita. Määrä on viimeisinä vuosina noussut nopeasti, sillä kustannustehokas ja nopea talon vesikattovaiheeseen saaminen kiinnostaa asiakkaita. Nyky-yhteiskunnassa jokaisen ihmisen ei tarvitse omata kirvesmiehen taitoja, niinpä esivalmistellut tuotteet tulevat varmasti tulevaisuudessakin kiinnostamaan. Julkiselle puolelle yritysten määrä vähenee, mutta esimerkiksi Elemenco Oy eli tämän työn tilaaja toimii juuri tällä sektorilla. Sisäilmaongelmien riivaamalle julkiselle rakentamiselle onkin helppo suositella sisätiloissa tapahtuvaa rakentamista, jolloin rakentamisen aikana tapahtumat virheet kosteuden suhteen voidaan minimoida. Myös tilaelementtien mahdollisuus siirtoon kiinnostaa esimerkiksi väliaikaista koulua tarvitsevaa rakennuttajaa.

3.4 Hyödyt ja haitat

Tilaelementti rakentamisen merkittävimmät edut ovat rakentamisen nopeus sekä teollisen valmistuksen aikaansaama tasainen laatu. Koska perustukset, rakennuksen tekniset liitännät ja itse rakennus voidaan rakentaa samaan aikaan, lyhentää toteutustapa hankkeen läpimenoaika ja siten pienentää merkittävästi aikasidonnaisia työmaateknisiä kustannuksia sekä mahdollistaa pääoman tehokkaan hyödyntämisen. Tuotanto tapahtuu teollisena prosessina, säältä suojassa, turvallisissa ja valvotuissa olosuhteissa. Kosteudenhallinta tehtaalta aina rakennuksen valmistumiseen asti on prosessiin sisäänrakennettu ominaisuus; eristeet ovat säältä suojassa rakennelevyjen ja vettä pitävän mutta hengittävän kankaan takana. Koska tilaelementit siirretään paikalle kokonaisuuksina, ovat ne myöskin siirrettävissä asentamisensa jälkeen. Tämä on selvä etu ja esimerkiksi väliaikaisia kouluja tai muita tiloja rakentaessa juuri tämä ominaisuus saa rakennuttajan valitsemaan tilaelementtirakentamisen.

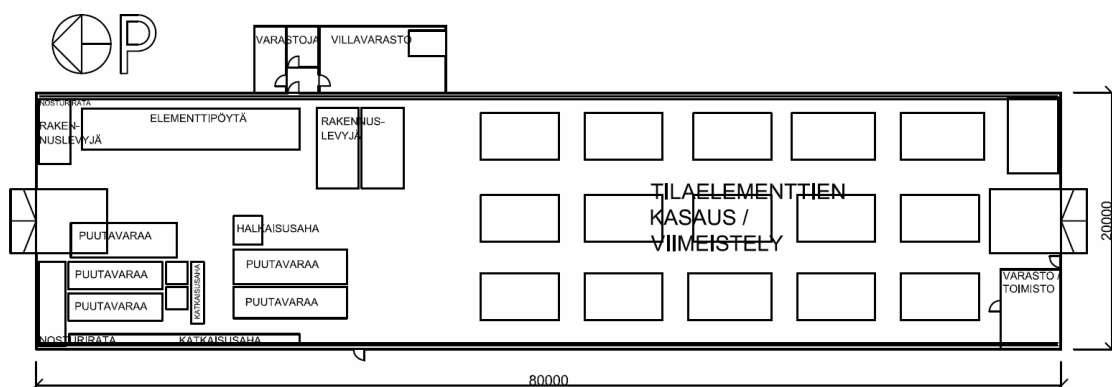
Tilaelementtituotannossa budjetin laskeminen ja sen toteutumisen seuraaminen on helpommin hallittavissa kuin esimerkiksi paikallaan rakentamisessa. Kustannukset ovat kuitenkin tilaelementtirakentamisessa heikko kohta, koska tilaelementtien siirtely asettaa runkotavaralle suurempia vahvuuksia sekä tilaelementtijärjestelmä vie keskimäärin enemmän puutavaraa. Arkitehturisesti moduulijärjestelmä sitoo suunnittelijaa vahvasti ja siksi tilaelementtirakentaminen on hyvin samanlaista rakentajasta riippumatta.

4 ELEMENCO OY

Elemenco Oy on perustettu vuonna 2004 ja se työllistää 12 henkilöä. Tehdas sijaitsee Luikonlahdessa noin 20 kilometriä Kaavin keskustasta Outokumpuun päin. Elemencon toimialueena on koko Suomi. Vuonna 2014 Elemenco Oy:n liikevaihto oli noin 4,1 miljoonaa euroa. (Kauppalehti.fi.) Yritys valmistaa tilaelementtejä ja rakentaa niistä mm. kouluja, päiväkoteja, toimistoja ja asuntoja. Tilaelementit ovat tehdasolosuhteissa mahdollisimman pitkälle esivalmisteltuja viipaleita. Rakenteet ovat helposti muunneltavissa, laajennettavissa ja siirrettävissä. Elementeistä on mahdollista rakentaa sekä pysyviä, että siirrettäviä rakennuksia.

4.1 Elemencon tuotanto

Elemencon tehdastilat sijaitsevat Luikonlahdessa entuudestaan paikalla olleessa hallissa. Tilaa ei siis ole tehty alkujaan tilaelementtirakentamista varten, vaan sitä on muokattu siihen sopivaksi. Tavara-virta on katsottaessa vasemmalta oikealle tai toisin sanottuna pohjoispäädystä eteläpäädtyyn. Puutavara tulee tarpeen mukaan hallin pohjoispäädtyyn ja rakennusvaiheiden edetessä elementit siirtyvät valmiina ulos hallin eteläpäädystä. Rakennustarvikkeet ovat siis pääasiassa pohjoispäädtyssä koska niiden on oltava elementtipöydän läheisyydessä (kuva 12.)

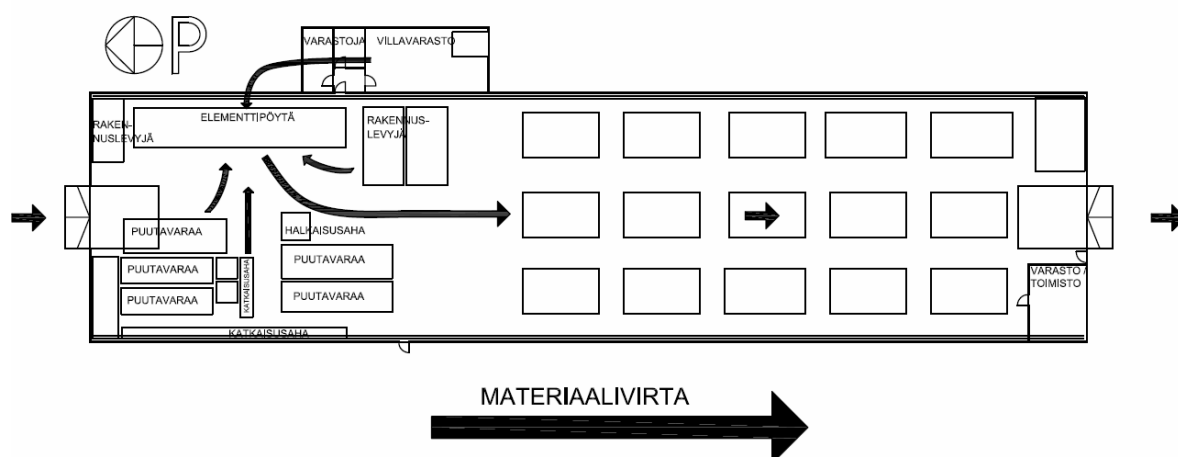


Kuva 12 Elemencon tehtaan lay-out. (Ahlberg Aku 2014.)

Rakennustarvikkeita tilataan toimittajilta tarpeen mukaan ja yritys pyrkii välttämään ylimääräistä varastointia tehtaan tiloissa. Hallin sisällä varastointitilaa on tarpeeksi jotta rakennusvaiheet eivät pysähdy ainakaan raakatavaran puutteen vuoksi. Jos tavaraa kuitenkin on "liikaa" varastoidaan ne väliaikaisesti hallin ulkopuolelle hyvin muoviin pakattuina ja pressuilla peitettyinä. Puutavara ei elementtien keskinäisten mittojen vaihteluiden vuoksi ole määrämittaista, vaan sitä joudutaan pätkimään katkaisusahalla.

Ala- ja yläpohjat sekä kaikki seinärakenteet valmistetaan pöydällä joka sijaitsee pohjakuvasta katsoen hallin eteläpäädyssä. Kaikki puutavara ja muu materiaali on varastoitu pöydän viereen, jotta rakennusprosessi toimisi mahdollisimman portaattomasti. Rakenteiden siirtäminen tapahtuu hallissa olevilla kolmella siltanosturilla. Työtä elementtipöydällä ei ole automatisoitu millään tavalla, vaan työ tapahtuu perinteisin keinoin.

Tilaelementtien rakennusprosessi alkaa luonnollisesti alapohjista, joita rakentaa tilanteesta riippuen 2-3 työntekijää. Alapohjien valmistuessa ne siirretään hallin eteläpäätyyn riveittäin järjestyksessä jossa ne halutaan ulos hallista. Alapohjien pituudet voivat vaihdella kohteesta ja elementtijaosta riippuen viidestä kahdeksaan metriin ja leveydet ovat kolmesta viiteen metriin. Elementtien koosta riippuen alapohjat yleensä järjestyvät eteläpäätyyn kolmen elementin riveihin, aina siihen asti kun tila hallista loppuu. Materiaali tehtaassa on kuvan 13 kaltainen.



Kuva 13 Elemencon tehtaan materiaalivirta. (Ahlberg Aku 2014)

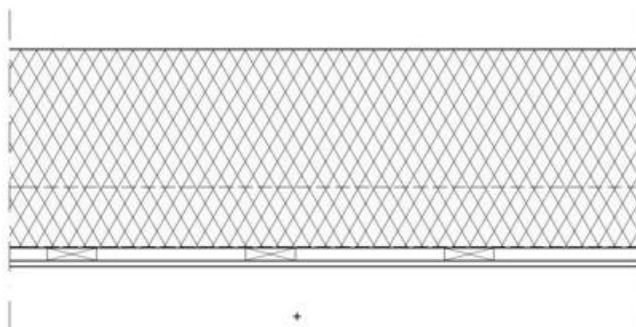
Elementtipöydällä on yleensä aina vähintään kaksi työntekijää tekemässä rakenteita, kun taas elementtien luona on 5-6 työntekijää kasaamassa ja viimeistelemässä tilaelementtejä. Tilaelementit pyritään elementtirakentamiseen ominaisella tavalla viimeistelemään tehtaalla mahdollisimman pitkälle. Tilauksesta riippuen viimeistelyyn kuuluu pohjamaalin maalaaminen, pienten valujen tekeminen (esim. kylpyhuoneet), mahdolliset laatoitukset ja kiinteät kalusteet. Yleensä tilaelementteihin ei vielä tehtaalla laiteta kattoristikoita paikalleen, mutta myös se on mahdollista.

Lähetysvalmiit tilaelementit pakataan pressuihin ja muovein viideltä sivulta ja siirretään trukilla ulos odottamaan kuljetusta pystytyspaikalle. Elementtien ulkona varastoimista kuitenkin pyritään välttämään mahdollisten kosteusvaurioiden välttämiseksi ja niinpä ne otetaan mieluummin ulos vasta kun sille on oikeasti tarvetta. Eli pari päivää ennen rekkojen saapumista tilaelementtejä ruvetaan ottamaan ulos sellaiseen järjestykseen jossa ne halutaan pystytyspaikalle lähettää.

4.2 Puurankaisten tilaelementtien rakenteet

Nykyisten Elemencon rakentamat puurankaistet rakenteet ovat perusrakenteeltaan kuvien 14–17 laiset, mutta kohteesta riippuen voi esimerkiksi palomääräyksien vuoksi rakennuksen sisäpinnassa olla kaksinkertainen kipsilevy.

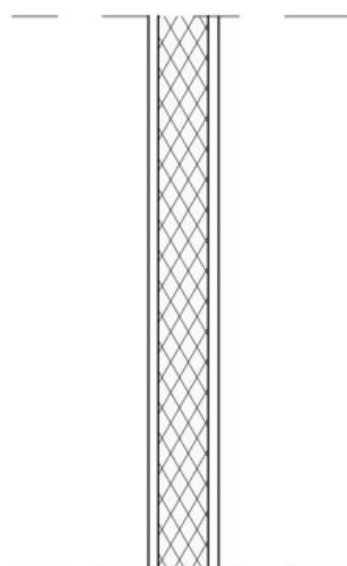
Yläpohja



YLÄPOHJA (YP)	U=0,09 W/m²K
Pintakäsittely	
Kipsilevy	13 mm
Rimoitus	25 mm
Höyrynsulku	
Lämmöneriste	400 mm
Kantavat rakenteet & tuulettuva tila	
Aluskate	
Korotusrima	22 mm
Ruoteet	25 mm
Peltikate	

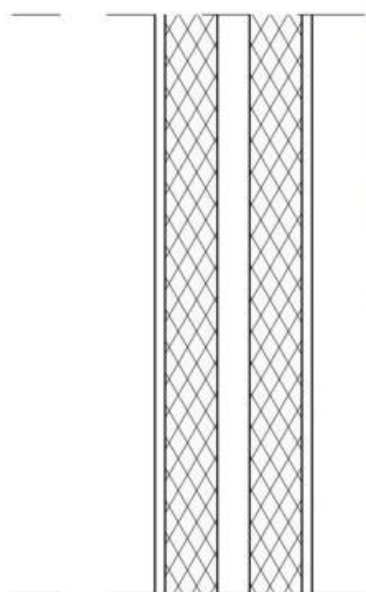
Kuva 14 Yläpohjarakenne (elemenco.fi.)

Väliseinä VS2



VÄLISEINÄ (VS1)	52 dB
Pintakäsittely	
Kipsilevy EK	13 mm
Eriste & kertopuurunko	66 mm
Kipsilevy EK	13 mm
Pintakäsittely	
Yhteensä	92 mm

Kuva 15 Väliseinärakenne. (elemenco.fi.)

Väliseinä VS1


VÄLISEINÄ (VS1)	52 dB
Pintakäsittely	
Kipsilevy EK	13 mm
Eriste & kertonpuurunko	66 mm
Ilmarako	40 mm
Eriste & kertonpuurunko	66 mm
Kipsilevy EK	13 mm
Pintakäsittely	
Yhteensä	298 mm

Kuva 16. Tilaelementtien välisten seinien rakenne. (elemenco.fi.)

Ulkoseinä


ULKOSEINÄ (US)	U=0,17 W/m²K
Pintakäsittely	
Kipsilevy EK	13 mm
+ Höyrynsulku	
Runko/lämmöneriste	200 mm
Tuulensuojavilla	30 mm
Rimoitus/tuuletusväli	25 mm
Ulkoverhous	21+21mm
Yhteensä	310 mm

Kuva 17. Ulkoseinärakenne. (elemenco.fi.)

5 CLT TILAELEMENTEISSÄ

5.1 Soveltuvuus

CLT rakenteiset tilaelementit ovat jo käytössä olevaa teknologiaa. Stora Enson Itävallasta tuomilla CLT-levyillä on rakennettu Lakean toimesta esimerkiksi 8-kerroksinen kerrostalo vuoden 2014 asuntomessuille Jyväskylään. Tekeminen on kuitenkin uutta, eikä yleistä tietämystä esimerkiksi liitännätaljeista ole vielä paljoa. Finnish Wood Researchin toimesta viimein vuonna 2012 julkaistu RunkoPES 2.0 (PES= Puu Elementti Standardi) toimii hyvin pohjana yrityksen miettiessä rakenneratkaisuja.

Tilaelementti itsessään asettaa vaatimuksia joita rakenteen tulee täyttää. Tilaelementti ovat jopa yli 10 tonnia painavia kokonaisuuksia ja niitä pitää pystyä siirtämään ilman että esimerkiksi pintamateriaalit kärsivät tai että koko tilaelementti vääntyy nostettaessa. CLT:stä rakennettu tilaelementti on jäykempi kokonaisuus kuin esimerkiksi puurankainen vastaava kokonaisuus. Kiinteä massiivipuinen kokonaisuus luo tilaelementille jäykän rungon joka kestää hyvin siirtämistä. Näin ollen tilaelementtejä pystytään siirtämään ilman mittatarkan kokonaisuuden vääntymistä.

Pintamateriaaleja valitteassa pitää myös miettiä myös että elementtien yksittäinen ja kokonaisten tilaelementtien siirtäminen asettaa myös niille vaatimuksia riippuen tavasta jolla elementtejä nostetaan. Jos nostamiseen käytetään elementin ympäri tulevia lenkkejä, tulee tästä puristavaa painetta joka voi rikkoa rakenteita. CLT-levyihin voi myös halutessaan tehdä jo CNC-koneen työstövaiheessa nostamista varten vaadittavat reiät joihin voi esimerkiksi asentaa siirtoa varten silmukoita tai muita mekaanisia liitoksia.

5.2 Rakenne

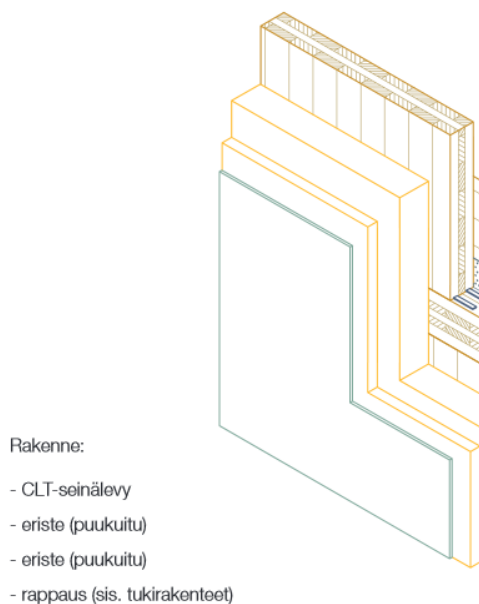
Rakennetta mietittäessä pitää ottaa huomioon edellisessä kappaleessa mainitut asiat. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat mitoitus, vaatimukset ja halutut ominaisuudet. Päälähtökohtana rakenteessa voidaan pitää sitä että CLT:n ominaisuuksien vuoksi se ei sisäpintaan tarvitse erikseen asennettavaa höyrynsulkua ja muut ulkopuolelle tulevat rakenteet kuten eristeet koolaus ja haluttu ulkopinnoite ovat asiakkaan itse valittavissa.

Uutena tuotteena CLT:lle on kehitelty ja sille on kehitteillä myös kerros tyyppisiä-rakenteita joita esimerkiksi betonirakentamisessa on käytössä. Näillä sovelluksilla pystytään saavuttamaan myös vaadittavia ominaisuuksia ja tilaelementtirakentamisessakin tällainen kiinteä rakenne saattaisi toimia hyvin.

5.2.1 Seinärakenteet

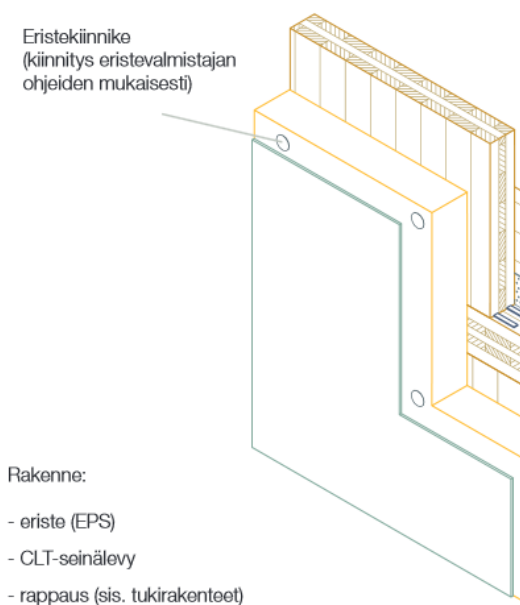
Mahdollisia ja käytössä olevia seinärakenteita ja eristystapoja on erilaisia. Puukuitulevy, mineraalivilla tai EPS-levy ovat todennäköisiä ja suosittuja vaihtoehtoja. Mineraalivillan käyttäminen vaatisi CLT-levyn pintaan koolauksen jonka väliin villat asennettaisiin. Tällöin pehmeä eriste pysyy omissa raoissa eikä tipu kuljetuksissa tai itse käytössä. Tilaelementtirakentamisessa suurien tilaelementtien siirtely kohdistaa paljon puristavia voimia nostotilanteessa ja siksi koolauksen pitäisi olla tarpeeksi vahvaa, että se kestäisi rakenteen hajoamatta. Kiinteät levyrakenteet ovatkin selkeästi selvemmin tilaelementtirakentamiseen sopiva vaihtoehto eristämistapaa mietittäessä.

Puukuitulevyn käyttö seinärakenteessa voitaisiin toteuttaa esimerkiksi kuvan 18 osoittamalla tavalla, jossa kiinteät levyt asettettaisiin tarpeeksi vahvoilla ruuveilla CLT-levyyn. Tässäkin rakenteessa sen kestävyys ainakin tilaelementin ympäri kiedottavilla lenkeillä tapahtuvassa nostamisessa voi olla vielä liian heikko ja se vaatisi vielä mittauksia ja kehitystyötä.



Kuva 18. Puukuitulevyllä eristetty CLT-rakenteinen ulkoseinä. (Stora Enso.)

Toinen levyvaihtoehto voisi olla samankaltainen rakenneratkaisu jossa puukuitulevyn sijaan eristeenä käytettäisiin halvempaa EPS-levyä (kuva 19.) Se olisi kiinteämpää ja paremmin nostelua kestävämpää materiaalia, mutta toisaalta sen muut ominaisuudet ovat verrattuna huonompia ja vähentävät CLT:n vahvuuksia. Se ei ole ympäristöystävällistä materiaalia, eikä sen ääneneristävyys tai diffuusius ominaisuudetkaan ole huomattavan mairittelevia. (Stora Enso.)



Kuva 19. EPS-levyllä eristetty CLT-rakenne. (Stora Enso.)

5.2.2 Välipohja- ja kattorakenteet

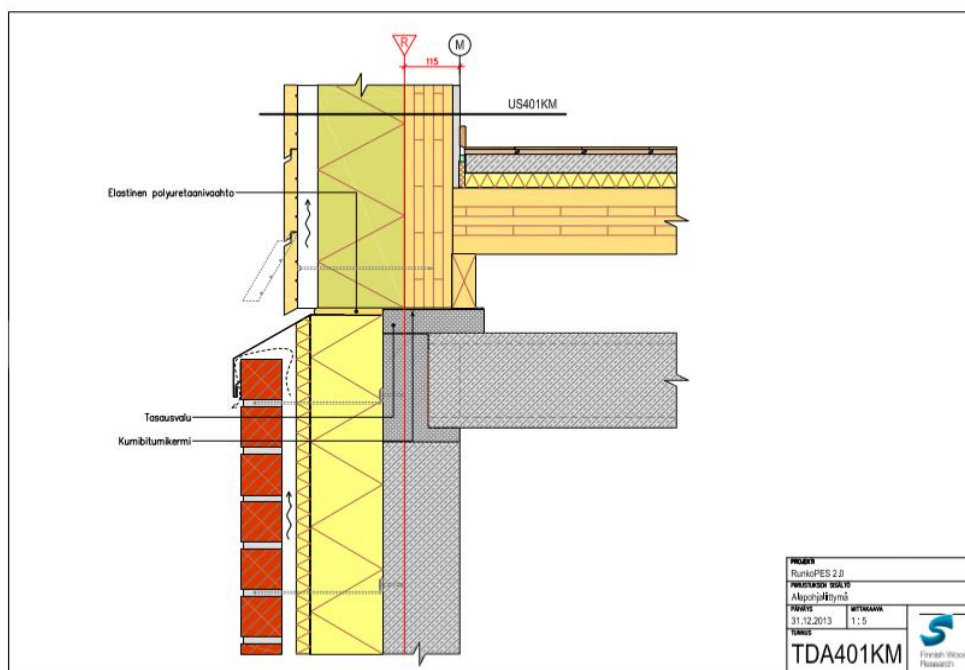
Välipohjissa CLT:n vahva massiivinen rakenne ei enään tuota harmia esimerkiksi siirroissa, vaan siitä on hyötyä. CLT-levyistä tehty tilaelementtikokonaisuus on kiinteä hyvin kuljetusta kestävä rakenne. Näissä rakenteissa lähtökohdat on hyvä ottaa RunkoPes järjestelmästä.

5.2.3 CLT-rakenteiden tilaelementtien liitokset

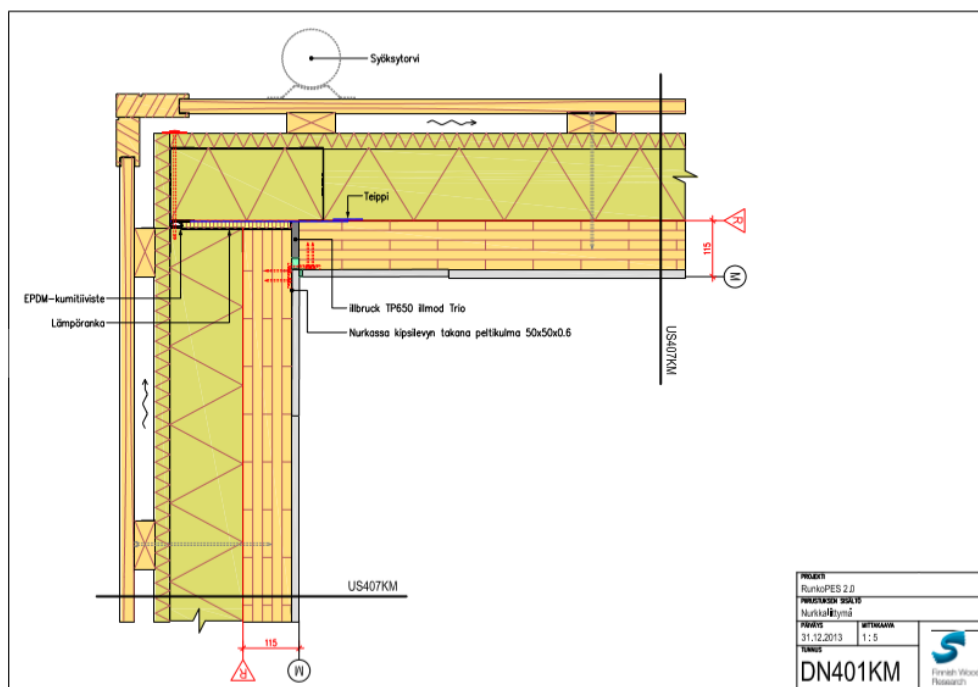
Työn tarkoituksena ei ole luoda Elemencolle uutta erillistä liitospohjaa CLT:n mahdolliseen käyttöön. Yhteensopivat liitokset muiden valmistajien kanssa on turvallinen tapa lähestyä elementtien liitoksia. Tämän johdosta liitosten pohjana käytetään 2014 keväällä julkaistua puurakenteiden puuelementtistandardia eli RunkoPES 2.0 -järjestelmän mukaisia liitoksia. RunkoPES 2.0 toimii pohjana mietittäessä yrityksen omia liitöntöjä, eikä Elemencon yrityksenä kuulu ottaa vain ja ainoastaan standardin kuvia omaan käyttöön. Yritys käyttää liitöntädetaljeja pohjana omalle ratkaisulleen. Liitöntädetaljit ja omat rakenneratkaisut olisi käytävä yrityksen kesken läpi ja ratkaista millä tavalla yritys itse lähtisi toteuttamaan tilaelementtejä. Kuvat 20–26 ovat RunkoPES 2.0:sta pomittuja liitöntä detaljikuvia jotka sopivat tilaelementtirakentamiseen.

RunkoPes kehitettiin kilpailuttamisen ja hankinnan helpottamisen lisäksi nopeuttamaan suunnittelua ja rakentamista. Parametrien, liitosten ja perusrakennerratkaisujen pysyessä maan laajuisesti samanalaisena helpottuu tässä niin suunnittelija kuin kirvesmiehenkin työ. Rakenneratkaisuissa on ollut tavoitteena se, että niissä on huomioitu kaikki rakennusfysikaaliset seikat. Järjestelmän yleistyessä se luo Suomeen yhtenäisemmän alan kuten betonirakenteissa jo 60-luvulta käytössä ollut vastaava standardijärjestelmä.

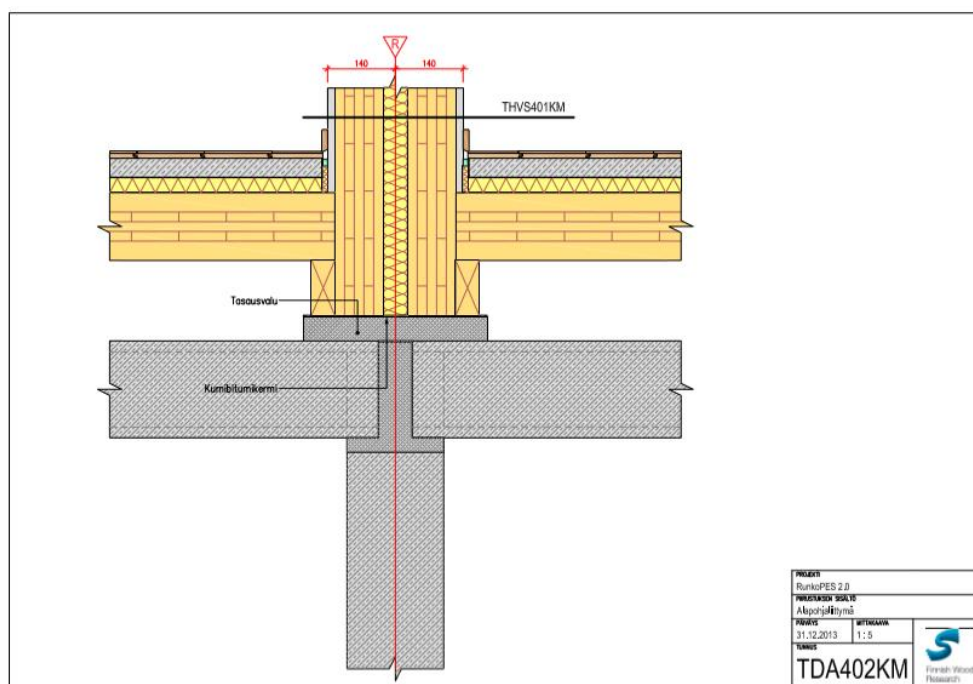
RunkoPes on kehitetty kerrostalorakentamisen tehostamiseen, minkä vuoksi sen edut pienenevät, kun siirrytään pienempiin ja yksilöidympiin rakennuskohteisiin, kuten omakotitaloihin. Pientalot ovat usein räätälöityjä tilaajan tarpeisiin ja neliömääriltään niin pieniä, ettei standardoidulla puuelementtirakentamisella päästä samanlaisiin kustannussäästöihin kuin kerrostalorakentamisessa.



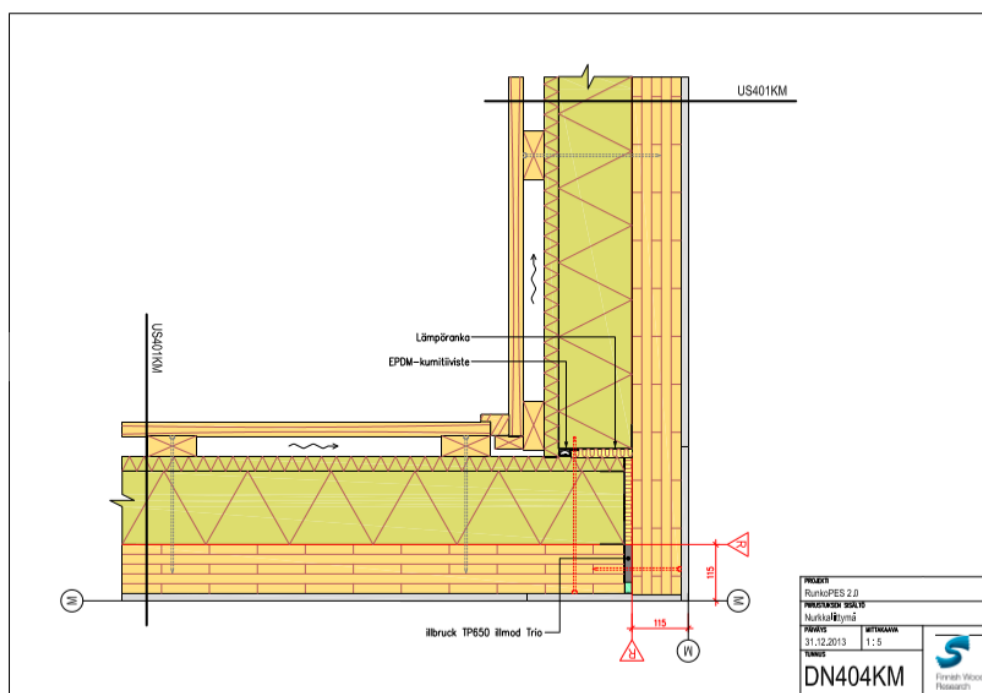
Kuva 20. Tilaelementtirakenteen liitanta betonirakenteeseen. (puuinfo.fi.)



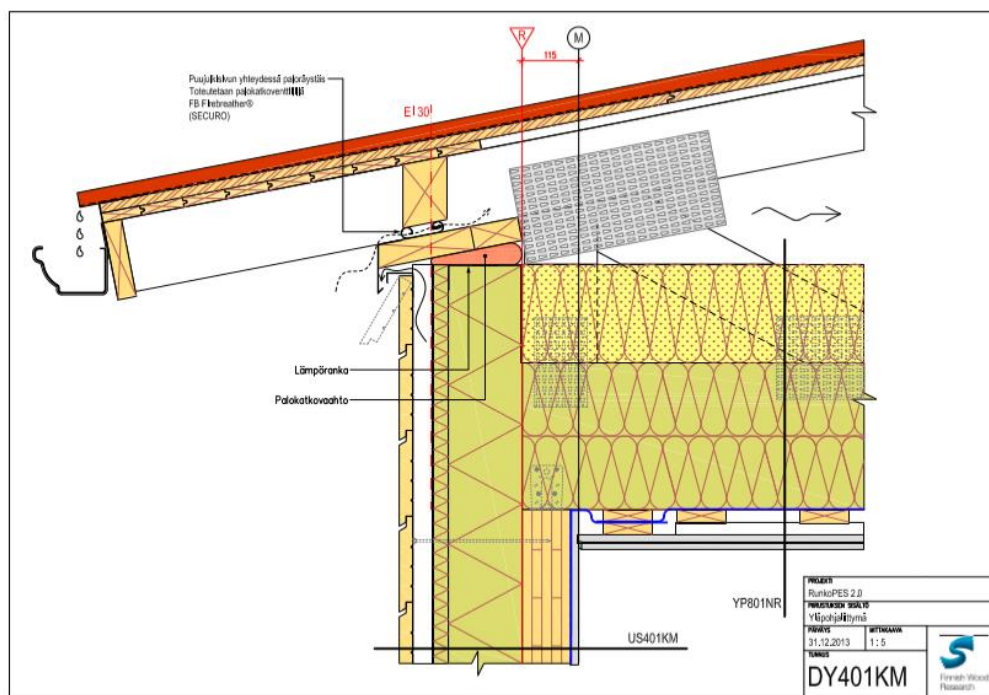
Kuva 21. Nurkkaliittymä. (puuinfo.fi.)



Kuva 22. Alapohjaliittymä. (puuinfo.fi.)



Kuva 23. Nurkkaliittymä. (puuinfo.fi.)



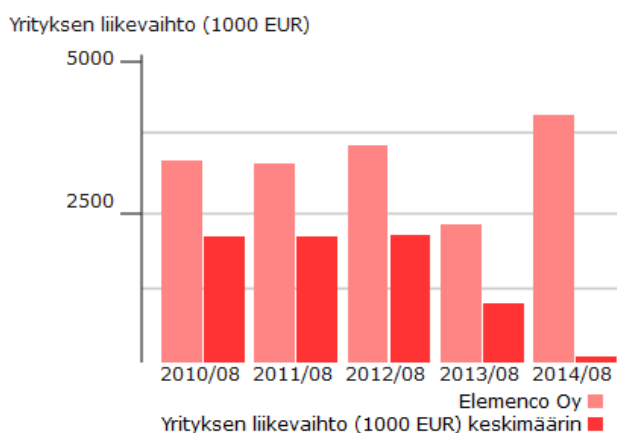
Kuva 26. Yläpohjaliittymä. (puuinfo.fi.)

6 ELEMENCO JA CLT

Yrityksenä Elemenco Oy:n suurin vahvuus on sen ammattitaito ja kokemus tilaelementtirakentamisessa. Se tuntee tuotteensa ja pienenä paikallisena yrityksenä sen työntekijöiden vaihtuvuus on pientä. Tällöin työnteko on tehokasta ja ongelmallisiin tilanteisiin osataan reagoida oikealla tavalla. Rakennusala reagoi markkinaheilahteluihin herkästi ja viimeisten vuosien aikainen maailman laajuinen lama on epäilemättä vaikuttanut tilauskantoihin. Elemenco on kuitenkin pystynyt vuosien 2010–2014 välisenä aikana nostamaan liikevaihtoaan 22% (kuvio 3.) Samaan aikaan samalla toimialalla toimivien yritysten liikevaihto on laskenut huomattavasti kuvion 4 osoittamalla tavalla.



Kuva 18. Elemencon liikevaihdon kehitys (finder.fi.)



Kuva 4. Elemencon liikevaihdon muutos verrattuna samalla toimialalla toimiviin yrityksiin. (finder.fi.)

CLT on puurakentamisen suosion nostamisen eturintamassa sen tarjotessa mahdollisuuden rakentaa jopa 12 kerroksisia puurakenteisiin kerrostaloja. Suomessa palomääräykset kuitenkin rajoittavat puurakenteisen rakentamisen kahdeksaan kerrokseen. Suomeen onkin jo kohonnut yksi kolmesta Jyväskylän Kuokkalaan suunnitelluista kahdeksan kerroksisista asuin kerrostaloista joka osaltaan osoittaa että tekniikka on jo käytössä.

Miksi Elemenco sitten haluaisi ottaa CLT:n mukaan omaan liiketoimintaansa jos sillä ei ole sille välttämätöntä tarvetta? Perusteita on niin puolesta kuin vastaan.

6.1 Tuotantoaste

Tätä opinnäytetyötä aloitettaessa ei ollut aivan selvää millä mittakaavalla ja toiminta-asteella CLT:n mahdollista käyttöönottamista Elemencon kannalta mietittäisiin. CLT-levyn tuottaminen on sahateollisuutta puhtaimmillaan ja tuotantolinjan vaatimat investoinnit ovat suuria. Elemenco on ensisijaisesti rakennusalan yritys jonka vahvuudet ovat rakentamisessa. Tiedonhankintamatkalla CLT-teollisuuden keskukseen Keski-Eurooppaan oli ilmeistä että kuten normaalisti, rakentaminen ja rakennusaineen valmistaminen ovat erillisiä yritystoimintoja. Vaatisi huomattavaa osaamista ja isojen kokonaisuuksien hallintaa pystyä hallitsemaan CLT-rakentamisen ketju kaadettavasta puusta valmiiseen puukerrostaloon. Suomessa Itävallasta omilta tehtailtaan CLT:tä tuova Stora Ensokaan ei tee koko ketjua itse vaikka onkin huomattavan suuri yritys. Tässä on jo selvä ristiriita sillä miksi hyvin toimeen tuleva pk-yritys vaihtaisi oman toimivan liikeideansa eri toimialaan, joka vaatisi huomattavia investointeja? Ajatusta puoltavia perusteluita on vaikea löytää yhtään. Niinpä ajatus omasta CLT-levyä tuottavasta linjastosta hylättiin.

Tiedonhankintamatkalla tutustuimme esimerkiksi Saksassa, Bieberbachin kaupungissa sijaitsevaan Biber Holzbearbeitung nimiseen yritykseen, joka osti raakaa työstämätöntä CLT-levyä johon he omalla CNC-koneella tekivät työstöt. Heidän ei siis tarvinnut hallita itse levyn tekoa vaan yritys suunnitteli rakennussuunnitelmien mukaiset työstöradat jotka toteuttivat itse omalla koneellaan. Yritys möi siis tavallaan suunnittelupalvelua ja valmista CLT-levyä. Mikäli Elemenco haluaisi olla mukana työstöjen teossa, tarvitsisi sen poiketa omasta osaamisestaan vähemmän kuin koko levyn tuotannossa. CNC-kone ei kuitenkaan tulisi maksamaan itseään takaisin seuraavaan 100 vuoteen jos siitä tulevia valmiita levyjä käytettäisiin ainoastaan omiin rakennuskohteisiin. Elemencon pitäisi jälleen vaihtaa hieman omaa toimialaansa ja lisätä omaan tilaelementtituotantoon CLT-levyn työstöjen tekeminen muille rakennusalan yrityksille. Noin 650 000 euron CNC-koneen investointikustannuksiin pitäisi myös lisätä Elemencon tehtaan laajentamisen kustannukset.

CLT on kuitenkin rakennusmateriaali jonka ominaisuuksia pääsee käyttämään hyväksi ostamalla sitä valmiina tuotteena. Elemencon ei välttämättä tarvitsisi tehdä huomattavia investointeja, jotta se pääsisi kokeilemaan hyvin samanlaista tuotetta kuin he nykyäänkin tekevät. Ainoa ero olisi se että CLT mahdollistaa korkeamman rakentamisen. Levyä yritys pystyisi ostamaan tällä hetkellä Stora Ensolta joka tuo levyt Itävallasta, sekä Kuhmossa sijaitsevalta ainoana Suomessa CLT:tä tuottavilta Oy CrossLam Kuhmo Ltd:ltä. Stora Enson Lakea Oy:n kanssa yhteistyössä toteuttamat kahdeksan kerroksiset Jyväskylän asuin kerrostalot ovat toteutettu tilaelementtisovelluksena joten Elemenco voisi käyttää edelleen hyväksi omaa ammattitaitoaan.

Valmiin levyn ostaminen on Elemencon kannalta järkevin vaihtoehto, jolloin se pystyy yhdistämään omat vahvuutensa CLT:n ominaisuuksiin. CNC-koneen hankkiminen ja omien työstöjen teko voi myös jossain kohtaa tulevaisuutta olla mahdollinen vaihtoehto.

6.2 CLT:n käyttöä puoltavat asiat

6.2.1 Tuotannon ja kysynnän lisääntyminen

CLT:n nykyinen Keski-Eurooppaan keskittynyt maailman laajuinen 625 000 m³ vuotuinen tuotanto tulee arvioiden ja tehtyjen investointien perusteella tulevien vuosien aikana leviämään tasaisemmin ympäri maapalloa. Samalla uskaliaimmissa arvioissa CLT:n vuotuisen kasvun arvioidaan olevan jopa 3 miljoonan kuution vuotuista luokkaa. Enään CLT:tä ei voida pitää pelkästään uutena kehitysvaiheessa olevana puuteollisuuden tuotteena vaan se aletaan ottamaan tuotteena vakavammin ja sen tunnettavuus tulee parantumaan lisääntyvän tuotannon johdosta.

Se että CLT:stä puhutaan betonin haastajana, kertoo jo paljon minkä laisen potentiaalin se rakennusaineena omaa. Puukerrostalorakentamisesta löytyy positiivisia uutisia esimerkiksi länsinaapuristamme Ruotsista. Ruotsin puukerrostalokanta on noussut jo 20 prosenttiin. (puuinfo.fi.) Tämä osoittaa että oikeanlaisella politiikalla ja innovaatisilla tuotteilla kuten CLT pystyttäisiin saavuttamaan huomattava osuus kerrostalorakentamisesta. Muualta maailmasta ja etenkin Keski-Euroopasta saa kuitenkin selviä viitteitä kuinka CLT:llä on mahdollisuus muokata nykyisen rakennusteollisuuden rakennetta. CLT:hen sijoitetaan yhä enemmän rahaa ja näyttää siltä että sen tuotannon määrä ei tule hidastamaan nousuaan. Tuotteeseen siis uskotaan ympäri maailmaa mikä kertoo sen vahvuuksista ja käyttökelpoisuudesta.

6.2.2 Ekologisuus

Rakennuttaminen ja rakennusten käyttö on Suomen mittakaavassa isoja saatuttavia tekijöitä. Rakennusten käyttö aiheuttaa noin 39 % energiankulutuksesta ja 30 % hiilidioksidipäästöistä. Itse rakennusaineiden tuottaminen puolestaan aiheuttaa lähteestä riippuen 5–12 % energiankulutuksesta ja hiilidioksidipäästöistä. Suurimman syyn ollessa sementti- ja terästeollisuus joka aiheuttaa yli 90 % päästöistä ja kulutuksesta. Rakentaminen on eniten raaka-aineita kuluttava teollisuuden ala myös Euroopassa ja valtaosa rakentamiseen käytetyistä raaka-aineista on uusiutumattomia. Väestön määrä jatkaa kasvuaan noin 100 miljoonalla vuodessa ja niinpä rakentamiselle tulee olemaan entistä enemmän tarvetta. Lisääntyvä tarve ja alan epäekologisuus on huono yhdistelmä ajatellessa ilmaston lämpenemistä. Ekologiset ja kestävät ratkaisut ovat tulevaisuudessa haluttuja, koska ilmasto jatkaa lämpenemistään. Ilmatieteenlaitoksen 2013 syyskuussa julkaiseman ilmastomuutoksen luonnontieteelliseen taustaan keskittyvän osaraportin mukaan *”vuosina 2016–2035 maapallon keskilämpötila on todennäköisesti 0,3–0,7 astetta korkeampi kuin vuosina 1986–2005.”*

Nyky-yhteiskunta painottaa ympäristöystävällisyyden ja kestävä kehityksen tärkeyttä. Puu on rakennusaineena ympäristöystävällinen materiaali verrattaessa esimerkiksi betoniin. Mietittäessä rakennuksen vaikutusta ympäristöön on mietittävä koko rakennuksen elinkaarta. Tämä sisältää kaiken suunnittelusta rakennuksen lopulliseen purkamiseen. Näissä ominaisuuksissa CLT-rakenteinen kerrostalo on vastaavaa betonirakenteista rakennusta huomattavasti ympäristöyhtävällisempi. Ympäristöystävällinen materiaali huomioidaan niin poliittisella, kuin kuluttajan tasolla. Ympäristöystävällistä tuotetta on hyvä markkinoida nykyisessä tilanteessa kuluttajille.

6.2.3 Poliittiset ratkaisut ja hankkeet

CLT:n ekologiset ominaisuudet kerrostalorakentamisessa toimivat sen eduksi myös poliittisissa ratkaisuissa ja erilaisten hankkeiden muodossa. Ilmastonmuutosta tulisi hillitä ja halua löytyy myös valtion puolelta. Metsäalan strateginen ohjelma (MSO) on työ- ja elinkeinoministeriön alaisuudessa toteutettava hanke jonka tavoitteena edistää metsäalan kilpailukykyä ja uudistumista. Sen tavoitteisiin kuuluu lisätä puurakentamista, yleistä puun käyttöä ja auttaa koko alan vientiä. MSO:n yhdeksi kärkihankkeeksi on nimetty Valtakunnallinen puurakentamishjelma, jonka keskeisimpiä toimenpiteitä ovat

- *suurimittakaavaisen teollisen puurakentamisen kohteiden hankkiminen on kehittämisen etulinjassa.*
- *panostetaan korkeatasoiseen arkkitehtuuriin ja designiin yhdistettynä ekologiseen, energia- tehokkaaseen ja älykkääseen puurakentamiseen.*
- *otetaan käyttöön uudet kilpailukykyiset puurakentamisen toimintamallit rakentamiskohteissa eri puolilla Suomea.*
- *päivitetään puurakentamisen koulutusta ja tehostetaan hanke-, tutkimus- ja kehittämistoimintaa.*

(tem.fi.)

Puurakentamishjelmalla pyritään kehittämään Suomalaista puurakentamista, jotta sen ympäristöystävällisiä ominaisuuksia pystytään käyttämään hyväksi. Poliittisilla ratkaisuilla, linjauksilla, määräyksillä ja hankkeilla pyritään löytämään Suomalaisen metsän käyttämiseen uusia keinoja ja samalla niillä pyritään myös hidastamaan ilmastonmuutosta. Nämä kaikki edesauttavat CLT:n kilpailukykyä verrttaessa kilpaileviin rakennusmateriaaleihin. (tem.fi.)

6.2.4 Tilaelementtituotannossa pysyminen

Kuten työssä on mainittu, yksi Elemencon selvistä vahvuuksista on sen rakentama tuote eli tilaelementti, ja vuosien aikana hankittu ammattitaito. CLT-rakenteiset tilaelementit ovat jo käytössä olevaa tekniikkaa ja Jyväskylään vastaavalla tekniikalla rakennetut kahdeksan kerroksiset rakennukset ovat todiste tuotteen toiminnasta.

Tilaelementtirakentaminen olisi edelleen Elemencon vahvuuksista, mutta CLT:n avulla vahvuuksien määrä kasvaa. Vanhasta osaamisesta ei siis tarvitsisi poiketa vaan hyvällä suunnittelulla ja henkilökunnan koulutuksella siitä voidaan pitää kiinni ja sitä pystytään jopa kehittämään. Aivan kuten puurankaisten tilaelementtien rakentamisessa, myös CLT:stä tehtävissä tilaelementeissä tärkeintä olisi tarkka suunnittelu mikä helpottaa jokaista työvaihetta ja tekee työn tekemisestä loogista ja nopeampaa.

CLT-levyn rakenteen yksinkertaisuus helpottaa tilaelementtituotannossa useita asioita. Kiinteä yhtenäinen rakenne mahdollistaa kiintokalusteiden asentamisen ilman ennakkotoimenpiteitä. Perinteisen puurakenteisen osaelementin, kuten ulkoseinän kokoaminen elementtipöydällä yksinkertaistuu sillä runkopuita ei tarvitse erikseen mitata, sahata tai aukkojen paikkoja miettiä. Kaikki nämä ovat jo val-

miiksi paikallaan. Massiivipuinen jäykkä rakenne tekee osa- ja tilaelementtien siirtämisestä helpompaa sillä enään painavimmillekkaan kokonaisuuksille ei tarvitse erikseen asentaa erillisiä vahvikkeita, jotta nostavaiheessa ilmenevät voimat eivät rikkoisi rakennetta. Siirtämistä varten CLT:hen pystytään myös tekemään CNC-koneella valmiiksi halutut työstöt jotta nostoa pystytään helpottamaan esimerkiksi erilaisten koukkujen asentamisella. CLT tekee siis tuotantoprosessista yksinkertaisempaa ja nopeampaa.

6.2.5 RunkoPES rakennejärjestelmä

Valmis jo käytössä oleva rakennejärjestelmä auttaa Elemencoä suunnittelussa. Tuotetta ja sen rakennedetaljeja varten ei siis tarvitse erikseen isoa tuotekehitystä vaan kaikille rakenteille on jo annettu pohja. Tämä helpottaa järjestelmän käyttöönottoa ja näin tiedetään myös että valitut rakenteet ovat toimivia kokonaisuuksia.

6.3 Haasteet

6.3.1 Asenteet ja harhaluulot

Vaikka puurakentamisella on Suomessa pitkät perinteet ja pientalokannastamme suurin osa onkin puurakenteisai, niin ennakoasenteet korkeisiin puurakenteisiin kerrostaloihin ovat vielä epäileviä. Puu ei ole rakennusmateriaalina palotilanteessa heikko verrattuna kilpaileviin järjestelmiin ja sillä voidaan helposti saavuttaa vaadittavat palonkestuluokat oikeilla pinnoitemäärillä ja automaattisella sammutusjärjestelmällä. Ennakoasenteet ovat kuitenkin toiset ja tavallisesti keskusteltaessa puurakenteisista 8-kerroksisista kerrostaloista jonkun asiaan vihkimättömän kanssa, tulee keskustelussa jossain kohtaa ilmoille kysymys ”rakennuksen poroksi palamisesta”.

Syy tietämättömyyteen löytyy niin puun ominaisuuksien tiedostamattomuudesta ja siitä että puurakenteisia kerrostaloja ei ole Suomessa vielä monia. Tämä ei niinkään estä CLT:n käytön yleistymistä, mutta se jarruttaa kehitystä ja käyttöönottoa. Valtakunnallinen puurakentamisohjelma on omiaan vastaamaan yleisiin harhaluuloihin sen tukiessa puurakentamista. Yleistyvää puurakentaminen tarkoittaa sitä että ihmiset tietävät enemmän ja asenteet tätä perinteistä suomalaista rakennusmateriaalia kohtaan parantuvat.

6.3.2 Yleinen taloudellinen tilanne

Nykyinen maailman laajuinen taloudellinen tilanne on iskenyt Eurooppaan raskaasti. Suomella menee Euroopan mittakaavassakin huonosti eikä tilanne ole optimi suurille investoinneille, vaikka korotasot ovatkin vielä erittäin alhaalla. Rakentaminen on erittäin suhdanneherkkä teollisuuden ala, joka reagoi pieninpiinkin heittelyihin.

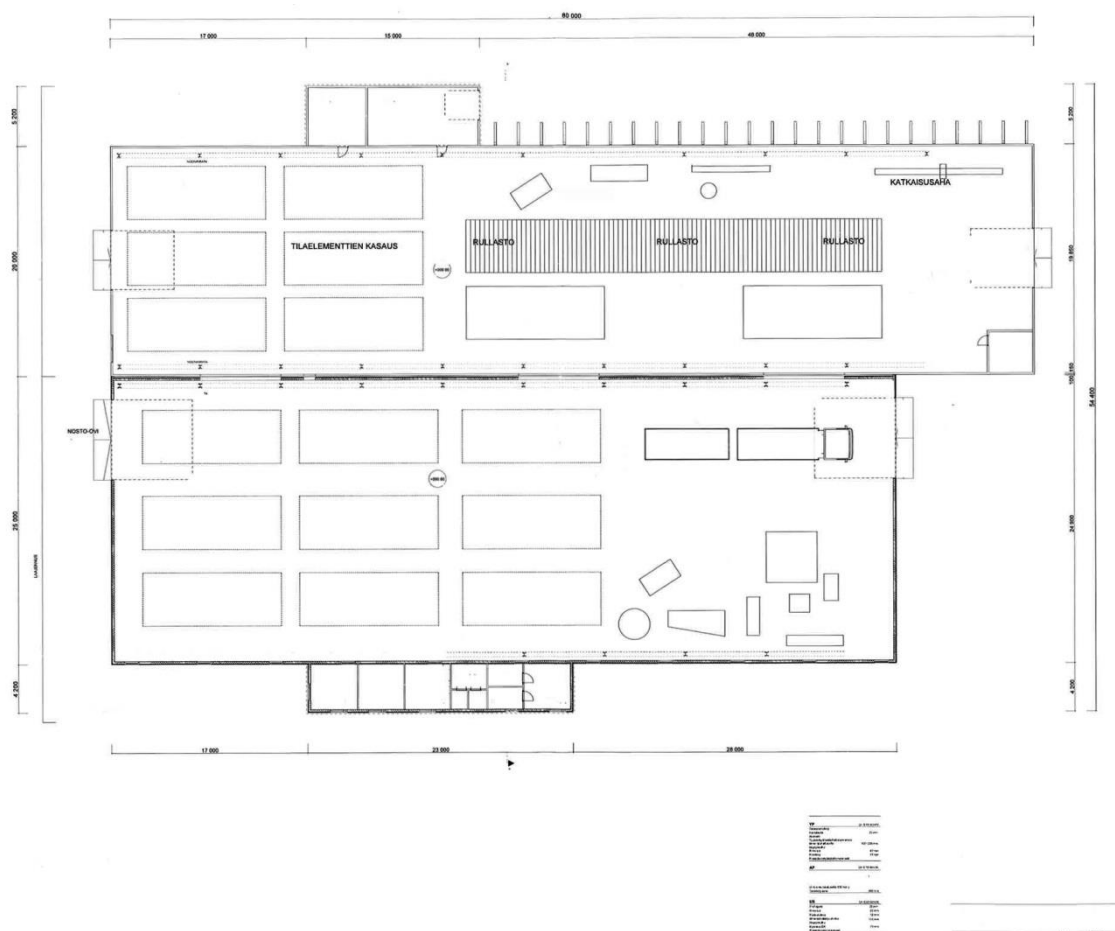
Elemencolla on mennyt hyvin liikevaihtoa ja tuloksellisuutta mitaten, mutta yleinen taloudellinen tilanne ohjaa joka tapauksessa suuria investointeja ja yritysten halukkuutta niihin ryhtymiseen. Taloudellinen tilanne saattaa siis lykätä mahdollisten investointien tekemistä.

6.3.3 Nykyisten tilojen riittävyys

Elemencon nykyiset kohteet ovat pääasiassa yksikerroksisia julkisia tiloja kuten päivä- ja hoitokoteja, kouluja sekä toimistorakennuksia. Kohteiden kokoluokka vaihtelee pienemmistä 200–300 neliön kohteista suurempiin yli 1000 neliöisiin kohteisiin. Korkeissa kerrostaloissa kerrosalan koot voivat nousta yli 3000 kerrosneliöön. Tällaisiin kohteisiin Elemenolla ei välttämättä ole muutenkaan ole resursseja, mutta kerrostalokohteiden teko lisäisi lähes varmasti kohteen keskimääräistä kokoa.

Nykyinen tehdas ei noin 1 600 neliön koollaan pysty varastoimaan läheskään kaikkia isojen kohteiden tilaelementtejä sisätiloihin. Tällöin suuri osa tilaelementeistä joutuis varastointiin ulosi sään armoille. Vaikka elementti ovatkin pakattu viideltä sivulta mahdollisimman tiiviisti, kasvaa kosteusvahinkojen riski ulkovarastoinnin ajan kasvaessa.

Elemencolle on suunniteltu 2000-luvulla mahdollista laajennusta (kuva 27) jonka avulla tehtaan tuotantoa olisi kehitetty ja tehdastilan neliöt olisi suunnilleen kaksinkertaistettu noin 3000 m²:n. Tätä suunnitelmaa ei kuitenkaan ole toteutettu, mutta suunnitelmissa ollut laajennus voisi olla omiaan vastaamaan mahdolliseen varastointi ja rakennustilan tarpeeseen. Samalla laajennus antaisi mahdollisuuden myöhempään CNC-koneen investointiin, mikäli se olisi tulevaisuudessa järkevää.



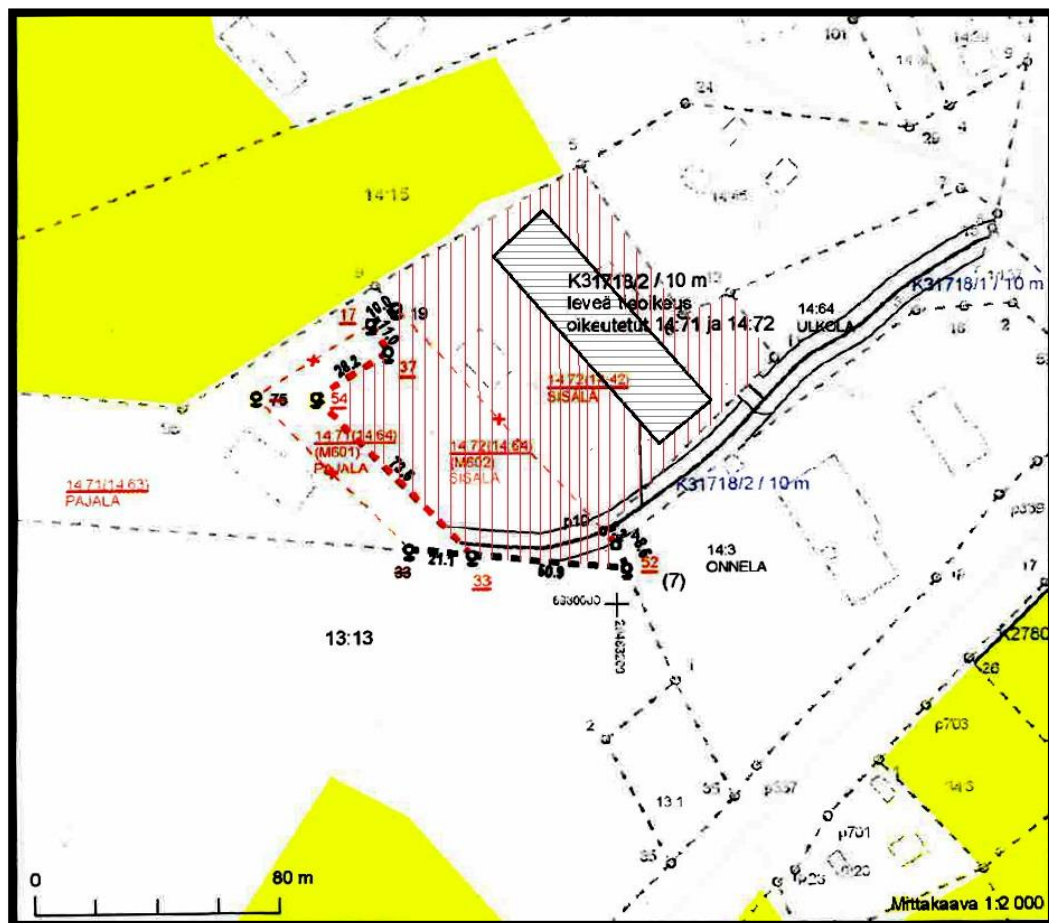
Kuva 27. Suunniteltu laajennusosa Elemencon tehtaalle. (Elemenco Oy.)

Toinen vaihtoehto kokonaisen tehdaslaajennuksen sijasta olisi tehostaa nykyistä tehdaslayouttia sopimaan CLT-rakenteisten tilaelementtien tekoa varten ja jättämällä enemmän linjastolle tehtaan loppupäässä. Tällä tavoin mahdollisimman montaa tilaelementtiä voidaan viimesitellä samaan aikaan ja portaattomasti. Tehdas layoutin muuttaminen tarkoittaisi raaka-aine varastojen optimia sijoittamista ja tilan käytön maksimointia. Tämä muutos ei tarkoittaisi sitä että tehdasta muutettaisiin ratkaisevasti niin, että se enään toimi seuraavassa kohteessa, joka olisikin perinteiseen tapaan puurankarakenteinen. Tämä ei kuitenkaan ratkaisisi isompien tilausten ja nopeutuvan alkupään tuotannon aiheuttamaa ruuhkaa loppupään varastoinnissa. Vaihtoehtona sään armoille jättämiseen olisi järeämmän ja ison katosrakenteen rakentaminen tehtaan yhteyteen.

6.3.4 Investoinnit ja niiden tarpeet

Työssä on nyt päädytty siihen että investoinneista jäljellä ovat tehdaslaajennus ja pihalle tuleva iso katosrakenne. Nämä eivät kuitenkaan ole välttämättömyyksiä, sillä yritys voi hyvin valita omat kohteensa. Jos rakennuskohteet pysyisivät suunnilleen samassa kokoluokassa kuin edelliset kohteet, ei laajennukselle tai katosrakenteelle ole välttämätöntä tarvetta. CLT:n voisi siis ottaa käyttöön jopa ilman varsinaisia investointeja konkreettisiin asioihin.

Nopeutuva alkupään tuotanto ja suuremmat tilaelementtimäärät saattaisivat kuitenkin aiheuttaa ongelmia nykyisten tilojen kanssa. Yrityksen tontilla (kuva 28) on käytössä tarpeeksi tilaa ja rakennusoikeutta laajennoksen tai katosrakenteen rakentamiseen.



Kuva 28. Elemeco Oy:n tontti ja nykyinen tehdasrakennus. (Aku Ahlberg 2015.)

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoittaana oli tutustua CLT:hen rakennusmateriaalina ja pohtia miten se soveltuisi Elemenco Oy:n käyttämään tilaelementtijärjestelmään. CLT on puuteollisuuden tuotteena erinomainen sen avatessa puukerrostalorakentamisen mahdollisuudet uudelle tasolle. Rakennusaineena se omaa ristikkäin liimatun levymäisen rakenteensa johdosta paljon puurakentamisesta ennen puuttuneita ominaisuuksia. Siitä pystyy itsessään rakentamaan puukerrostalon kaikki vaadittavat rakenteet tai vaihtoehtoisesti sitä pystytään helposti yhdistämään erilaisiin rakennejärjestelmiin ja rakennusmateriaaleihin.

Massiivipuinen tuote ei tietenkään ole halpa verrattaessa muihin samoista urakoista kilpaileviin rakennusmateriaaleihin. Ilmastonmuutos on kuitenkin tieteellisesti todistettu asia jonka johdosta puurakentaminen on vakavasti otettava vaihtoehto. Puu on uusiutuvanana, energiaa sitovana ja kestävä materiaalina huomattavasti ympäristöystävällisempi kuin esimerkiksi betoni, teräs tai tiili. CLT omaa puun ympäristöystävälliset ominaisuudet sekä sillä on kerrostalorakentamisen mahdollistavat lujuus- tekniset ja jäykistävät ominaisuudet. Nykyisen Euroopan taloudellisen tilanteen johdosta onkin hyvä kysyä menevätkö hintakysymykset ainakin vielä ekologisuuden edelle? Puurakentamisesta löytyy rohkaisevia esimerkkejä esimerkiksi Ruotsista. CLT tulee tuskin kaappaamaan yhtäkkiä 50 % osuutta uusista kerrostalohankkeista, mutta ilmastolle ystävällisen politiikan ja Suomen metsäteollisuuden kilpailukykyä parantavien hankkeiden johdosta CLT on entistä houkuttelevampi rakennusmateriaalivaihtoehto

Elemenco Oy:lla on toimiva tuote tilaelementissä. Yritys tulee paremmin kuin toimeen, joten mitä CLT:llä on tuotteena tarjottavana, että sen kannattaisi ruveta rakentamaan myös CLT-rakenteisia tilaelementtejä?

Tilaelementtirakentamisen osaamisesta ei tarvitsisi poiketa, vaan samaa ammattitaitoa mitä yrityksessä on, pystytään edelleen käyttämään hyväksi. Samalla päästään edelleen käyttämään tilaelementin tarjoamia etuja kuten korkeata viimeistelyastetta, tehdasolosuhteissa tapahtuvaa rakentamista ja nopeata pystytystä. CLT tarjoaa mahdollisuuden uuden innovatiivisen puuteollisuuden tuotteen käyttämiseen. Elemenco pystyisi tarjoamaan kerrostalorakentamista, ilman että sen yritystoimintaa tarvitsisi muuttaa ratkaisevalla tavalla.

Mahdollisia investointeja olisi joko tehdaslaajennoksen tekeminen tai katetun varastotilan rakentaminen. Isommat urakat kerrostalojen muodossa tarkoittaisivat sitä, että tilaelementtejä pitäisi tulla nopeasti ulos sekä ne pitäisi saada säältä suojaan odottamaan kuljetusta rakennustyömaalle. Verrattuna nykyiseen puurankaiseen rakenteeseen CLT on myös huomattavasti yksinkertaisempi koska se ei vaadi esimerkiksi sahaamista ja mittaamista, vaan runko on jo valmis tehtaalta tullessaan. Siihen ei myöskään tarvitse erikseen asentaa höyrynsulkua. Tämän johdosta tilaelementtitehtaan alkupäässä elementtipöydillä tapahtuva osaelementtien valmistaminen ja kokoaminen nopeutuu huomattavasti. Nämä kummatkin seikat luovat painetta tilaelementtien kasaamiseen ja viimesittelyyn.

Investoinnit ja laajennukset eivät kuitenkaan ole mikään välttämättömyys, sillä pienemmissä kohteissa nykyinen tehdastila ja sen layout ajaa täysin asiansa.

Mielestäni CLT tulee olemaan tulevaisuuden rakennusmateriaali ja Elemencon pitäisi vakavasti harkita tilaelementtien rakentamista juuri tästä materiaalista. Ekologisuus tulee olemaan tulevaisuudessa vielä isommassa painoarvossa ja Suomessa halutaan että pystyisimme olemaan yksi ympäristökysymysten esimerkkivaltioista. Mitä enemmän CLT:hen perehtyy sitä paremmalta se vaikuttaa.

Omasta mielestäni työ antaa laajan kuvan CLT:stä rakennusmateriaalina ja siinä pyritään miettimään sen käyttöä monesta näkökulmasta olematta liian kaavallinen. Työn aikataulu katkesi useaan otteeseen ja siitä pystyn ainoastaan syyttämään itseäni. Olen kuitenkin tyytyväinen lopputulokseen, jossa olen pyrkinyt pohtimaan ja ajattelemaan koko tuotantoketjua ja siihen vaikuttavia tekijöitä.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

TOLPPANEN, Janne, KARJALAINEN, Markku, LAHTELA, Tero, VILJAKAINEN, Mikko, 2013.

Helsinki: Opetushallitus.

SIIKANEN, U. 2008. Puurakentaminen.

Helsinki: Rakennustieto Oy

Kiintopuu.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2.9.2014]

Saatavissa: <http://www.kiintopuu.fi/>

Kiintopuu.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2.9.2014]

Saatavissa: <http://www.kiintopuu.fi/> Polku:

Kiintopuu.fi. Mikä CLT? Perustietoa CLT:stä.

Clt.info/fi [verkkoaineisto]. [viitattu 4.3.2015]

Saatavissa: <http://www.clt.info/fi/wp-content/uploads/sites/11/2013/04/01-Thermal-protection.pdf>

Puinfo.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 5.10.2014]

Saatavissa: http://www.puinfo.fi/sites/default/files/clt_facts_fi.pdf

CLT Handbook US edition. [verkkoaineisto]. [viitattu 2.3.2015]

Saatavissa: http://www.seattle.gov/dpd/cs/groups/pan/@pan/documents/web_informati-onal/dpds021903.pdf

Puinfo.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 20.9.2014]

Saatavissa <http://www.puinfo.fi/> Polku:

Puinfo.fi. Lujuusteknisiä ominaisuuksia.

Puinfo.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 22.10.2014]

Saatavissa: <http://www.puinfo.fi/sites/default/files/Rakennusmateriaalien%20hiili- ja- lanj%C3%A4lki%20WEB.pdf>

Puinfo.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 22.10.2014]

Saatavissa: <http://www.puinfo.fi/> Polku:

Puinfo.fi. Puurakentaminen ja ekologinen kestävyys.

Puinfo.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 23.10.2014]

Saatavissa: <http://www.puinfo.fi/> Polku:

Puinfo.fi. Puurakenteiden paloturvallisuus.

Puinfo.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 10.11.2014]

Saatavissa: <http://www.puinfo.fi/> Polku:

Puinfo.fi. Rakentamismääräykset. Puukerrostalo – palomääräykset 2011

Puinfo.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 13.3.2015]

Saatavissa: http://www.puinfo.fi/sites/default/files/Suomalaiset%20puukerrostalot_1995-2015_2-2015.pdf

Puinfo.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 13.3.2015]

Saatavissa: <http://puinfo.fi/sites/default/files/Suomalainen%20puukerrostalohanke- kanta%20p%C3%A4ivitetty%2002-2015.pdf>

Timbe-online.net [verkkoaineisto]. [viitattu 13.2.2015]

Saatavilla: <https://www.timber-online.net/index.php?id=2500,5423601>

Ely-keskus.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 30.10.2015]

Saatavilla: http://www.ely-keskus.fi/documents/10191/139801/erikoiskuljetukset_esite_2010_eri-koiskuljetusluvan_tarve_hakeminen_ja_kaytannon_toimenpiteet.pdf/cbcf0229-5b1f-4e7e-8d9b-9bad0a271b51

Rakennustuotepalvelut.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 20.6.2014]

Saatavilla: <http://www.rakennustuotepalvelut.fi> Polku:

rakennustuotepalvelu.fi. Tuotepalvelut. Elementointipalvelut. Tilaelementtirakennukset.

Kauppalehti.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 20.2.2015]

Saatavilla: <http://www.kauppalehti.fi/5/i/yritykset/tulostiedote/tiedote.jsp?selected=kaikki&oid=20150101/14209030829680&liikevaihtoluokka=&toimiala=&paikkakunta=>

Elemenco.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 4.6.2014]

Saatavilla: <http://www.elemenco.fi> Polku:

Elemenco.fi. Tietopankki. Rakenteet.

Stora Enso. [verkkoaineisto]. [viitattu 2.3.2015]

Saatavilla: <http://www.clt.info/fi/wp-content/uploads/sites/11/2013/04/2.-Runkorakenteiden-liittym%C3%A4periaatteet.pdf>

Puuinfo.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 4.6.2014]

Saatavilla: http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/runkopes-20/runkopes_2.0_osa_12_liittymadetaljikirjasto.pdf

Tem.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 10.10.2014]

Saatavissa: <http://www.tem.fi/mso/puurakentaminen> Polku:

Tem.fi. Ajankohtaista. Vireillä. Strategiset ohjelmat ja kärkihankkeet. Metsäalan strateginen ohjelma. Puurakentaminen.

Finder.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 18.2.2015]

Saatavilla <http://www.finder.fi> Polku:

Finder.fi. Yrityshaku. Elemenco Oy. Taloustiedot.

Ilmatieteenlaitos.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 7.1.2015]

Saatavilla: <http://ilmatieteenlaitos.fi/documents/30106/42362/ipcc5-yhteenveto-suomen-nos.pdf/4332dffb-da72-41c9-a23d-24215c5cbbac>

Puuinfo.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 26.10.2014]

Saatavilla: <http://puuinfo.fi/sites/default/files/content/tiedotteet/kilpailukykyisen-teollisen-rakentamisen-esimerkkeja-ruotsista/ruotsi-2011.pdf>

LIITE 1: MATKARAPORTTI

CLT-PUURAKENTAMISEN TIEDONHANKINTAMATKA KESKI-EUROOPPAAN

5-9.5.2014

TEKIJÄ:

Aku Ahlberg

SISÄLLYS

CLT-PUURAKENTAMISEN TIEDONHANKINTAMATKA KESKI-EUROOPPAAN.....	47
MATKARAPORTTI	49
8 YRITYKSET	50
8.1 Ledinek, Maribor, Slovenia 5.5.2014.....	50
8.2 Mayr Melnhof Holz Gaishorn, Gaishorn an See, Itävalta 6.5.2014	51
8.3 Stora Enso, Ybbs an der Donau, Itävalta 6.5.2014	52
8.4 Biber holzbearbeitung, Bieberbach, Saksa 7.5.2014	53
8.5 Mayr & Sonntag, Legau, Saksa 7.5.2014	54
8.6 Hundegger, Ottobeuren, Saksa 8.5.2014.....	55
8.6.1 HsbCAD.....	56
9 MUUTA.....	57
9.1 MHM:stä rakennettu pientalokohde Erolzheimissä	57
10 KIITOKSET	57

MATKARAPORTTI

Matkan tarkoituksena oli tutustua CLT:hen sen tämän hetkisen tuotannon pääasiallisessa sijainnissa. Matka alkoi Wienistä ja päättyi lopulta Müncheniin. Vierailtavat yritykset edustivat koko tuotantoketjua eli konetuotantoa, CLT-levyn tekoa ja CLT:llä rakentamista. CLT:n lisäksi tutustuimme myös MHM-levyn valmistukseen ja sen käyttöön rakentamisessa. Vierailtavat yritykset ja rakennustyömaat olivat:

1. Ledinek, Maribor, Slovenia
2. Mayr Melnhof Holz Gaishorn, Gaishorn am See, Itävalta
3. Stora Enso, Ybbs an der Donau, Itävalta
4. Biber Holzbearbeitung, Bieberbach, Saksa
5. MHM:stä rakennettu pientalokohde, Erolzheim, Saksa
6. Mayr & Sonntag, Legau, Saksa
7. Hundegger, Ottobeuren, Saksa



Kuva1 Vierailtut yritykset ja rakennustyömaat. Google maps, 2014

8 YRITYKSET

8.1 Ledinek, Maribor, Slovenia

5.5.2014

Ledinek on ollut toiminnassa jo vuodesta 1908 ja se on pysynyt toiminnassa alueella historian kuluessa vallinneista tilanteista huolimatta. Toiminta on alkanut viinitynnnyrien teosta ja siitä jalostunut viinitynnnyreitä tekevien laitteiden valmistukseen. Niistä ajoista modernisoitu yritys tuottaa nykyään viinitynnnyreitä valmistavien koneiden lisäksi automatisoituja laitteita puuteollisuuden tarpeisiin. Valmistettavia tuotteita ovat puristimet, katkaisusahat, sormijatkoslinjat ja niin edelleen. Kaikki valmistettavat laitteet ovat spesifejä juuri siihen tehtaaseen johon ne tilataan.

He siis valmistavat CLT-tuotannon näkökulmasta laitteita, joilla tehdään kokonaisia CLT-levyjä ja itse työstöjen tekeminen CLT-levyihin on jätetty muille laitevalmistajille. Yrityksen valmistamia tuotteita on esimerkiksi Mayr Melnhofilla ja Stora Ensolla. Se että heidän valmistamiaan koneita käytetään suuressa osassa CLT-levyjä tekeviä tehtaita, kertoo kaiken oleellisen heidän tuotteistaan.



Kuva 119 Eräs Ledinekin tehtaalla olleista koneista, Aku Ahlberg 2014.

Tehtaalla esitetty puristin X-Press oli innovatiivinen CLT:n tuotantoon valmistettu puristin. Sen etuna oli se että se kykeni puristamaan kaiken kokoisia CLT-levyjä , sekä puristamaan levyjä myös päädyistä. Kun CLT:tä aluksi alettiin tuottaa, ajateltiin että ainoa tuotettava levy olisi maksimi mittaista levyä. Tietysti nykyäänkin esimerkiksi Stora Enso tuottaa ainoastaan yhtä levykokoa josta joko Stora itse, tai rakennusyritys työstää CNC-koneella vaaditut muodot levyihin. Nykyään etenkin rakennusyritykset jotka ostavat valmista levyä ja tekevät itse työstöt haluavat määrämittaista levyä, jotta he kykenevät minimoimaan työstössä tapahtuvan hukan. X-Press vaikutti vastaavan tähän kysyntään ja sen käyttämä puristintekniikka vaikutti monipuolisuudellaan.

Muuten vierailu tehtaalla muutti ennakkokäsityksiä Sloveniassa toimivasta yrityksestä. Vaikka tehdasrakennukset olivatkin vanhoja, niin oli vaikuttavaa nähdä että niiden sisällä valmistui niin moderneja ja laadukkaita puuntyöstökoneita. Erittäin mielenkiintoinen asia oli se, että Ledinek valmisti melkein kaikki tuotteisiinsa tarvittavat osat itse, lukuun ottamatta kulutusosia kuten laakereita jne. Ainakin Suomen olosuhteissa vastaavanlainen yritystoiminta voisi olla todella vaikeata toteuttaa. Mainittakoon vielä että Sloveniassa toimivan yrityksen kilpailukykyä edistää tietenkin verrattain halpa työvoima verrattuna läntiseen Eurooppaan.

8.2 Mayr Melnhof Holz Gaishorn, Gaishorn an See, Itävalta

6.5.2014

Tämä Gaishornissa sijaitseva Mayr Melnhof Holzin CLT-tehtaan tilat ja välineistö vaikutti heti suuruudellaan. Koko tuotantoprosessi oli vaikuttava suuruudessaan ja tehokkuudessaan jos käytössä ollut puristinta ei laskettu mukaan. Käytössä ollut puristin oli noin 30 minuutin puristusajan takia selkeästi tuotannon pullonkaula. Yrityksessä oli kuitenkin reagoitu asiaan ja edellisenä päivänä näkemämme Ledinekin valmistama X-Press puristin oli jo valmiina tehtaalla odottamassa tuotantolinjan uudelleen järjestämistä. Tässä tehtaassa liimapuulevyjen liimaus tapahtui samalla tavalla kuin Kuhmossa, eli syrjäliimausta ei ollut. Levyjen liimauksessa käytettiin MUF liimaa.



Kuva 2 Mayr Melnhofin tehtaan liimauslinja, Antero Vartiainen 2014.

Kierroksella ilmoitettu tehtaan maksimikapasiteetti oli noin 60 000 m³/vuosi, mutta käytännössä etenkin puristimen takia tehdas tuotti noin 30–35 000 m³. Tämän tehtaan ollessa ensimmäinen vierailtava CLT tehdas saimme hyvän käsityksen siitä, minkälaiset tilat ja kuinka paljon työvoimaa voimakkaasti automatisoitu tuotantolinja vaatii ja kuinka paljon tilaa valmiille CLT-levyille tarvitaan. Tehtaassa silmiinpistävää oli sen siisteys ja tietysti suomalaisesta näkökulmasta katsottuna uskomaton ympäristö tehtaalle, toisaalta tällä ei tietenkään ole tuotannollista arvoa.

Mayr Melnhof Holz on yksi alueen suurimmista toimijoista puutuotannon saralla ja myös tämä kyseinen CLT-tehdas oli rakennettu yrityksen suuren sahan yhteyteen. CLT-levyjä tehtäessä on todella suuri etu, jos vaadittu puutavara tulee läheltä ja se on jo tavoitekosteudessaan (9-11 %.) Tehtaalla oli yksi Hundeggerin CNC-kone, mutta paikalla olleesta pakatusta tavarasta päätellen tehdas tuotti enemmänkin työstöttömiä CLT-levyjä suoraan rakennusliikkeille.

8.3 Stora Enso, Ybbs an der Donau, Itävalta

6.5.2014

Suomalaisen yrityksen toinen Itävallassa sijaitseva ja yksi Euroopan isoimmista CLT-tehtaista sijaitsee n. 6000 asukkaan kylässä nimeltä Ybbs an der Donau. Kylä sijaitsee suunnilleen 100 kilometrin päässä Wienistä länteen. Kuten Mayr Melnhofilla myös tämä tehdas on rakennettu Stora Enson oman sahan välittömään läheisyyteen. Vieressä oleva saha on yksi Euroopan isoimmista. Tämä luo tietenkin tuotannollista varmuutta sekä lisää raakatavaran laadun tasaisuutta.

Tehtaalle mentäessä tien ylittävä silta oli osaksi CLT-rakenteinen ja koko CLT-tehtaan julkisivu ja osat muistakin rakenteista oli rakennettu CLT:stä. Verrattuna aiemmin päivällä vierailtuun Mayr Melnhofin tehtaaseen tämä tehdas oli isompi, mutta silti rakennettu ehkä suomalaiseen tapaan hieinan kompaktimmin. Muuten CLT-levyn tuotanto oli edelliseen verrattuna pääpiirteittäin samanlainen, mutta Stora Enso syrjäliimaa puulevyt. Tämän takia tuotanto on selkeämmin jakaantunut liima-puulamellien tekemiseen ja siitä CLT-levyn kasaukseen ja työstöjen tekemiseen. Stora valmistaa enimmäkseen täyspitkää CLT-levyä. Tehtaalla oli myös kaksi Hundeggerin CNC-konetta linjaston päädyssä työstämässä valmiita levyjä.



Kuva 3 Hundeggerin PBA Panel Cutting Machine oli käytössä kaikissa tehtaissa joissa vierailimme

Tehtaan ollessa Euroopan isoin pystyi tutustumisen jälkeen hahmottamaan missä mittakaavassa Keski-Euroopassa CLT:tä tuotetaan ja minkälaista tuotantolinjaa Stora Enso harkitsee Suomeen rakennettavaksi. Vaikuttava ja tehokkaalta näyttävä tehdas tuottaa vuosittain arviolta 80 000 m³ CLT-levyä.

8.4 Biber holzbearbeitung, Bieberbach, Saksa

7.5.2014

Biber Holzbearbeitung on CLT:hen tehtäviin työstöihin erikoistunut yritys. Tehdas sijaitsee Ausburgista noin 15 kilometriä pohjoiseen päin. Kaiken heille tulevan CLT-levyn valmistaa KLH Itävallasta. KLH on Stora Enson lisäksi isoin CLT:tä valmistava yritys. KLH: levyjä nähtäessä selkeästi erottava tekijä heidän levyjään verrattaessa Stora Enson levyihin on se että KLH levyissä käytetty liima on polyuretaanipohjaista.

Biber holzbearbeitung edustaa CLT-rakentamisessa rakentajaa joka tilaa esimerkiksi juuri KLH:lta tai Stora Ensolta tarvitsemansa määrän CLT-levyä, työstää niihin vaadittavat työstöt, kuljettaa ne rakennuspaikalle ja rakentaa niistä rakennuksen. Koko rakentaminen perustuu hyvään suunnitteluun joka kattaa kaikki tuotannon ja rakentamisen vaiheet.

Kun he saavat jonkun rakennusurakan, he suunnittelevat jollakin ohjelmalla (esimerkiksi hsbCAD:llä) rakennuksen piirrustukset. Samasta suunnitelmasta ohjelma tekee työstöradat kullekin rakenteelle optimoiden levyn käytön. Tämän lisäksi ohjelma nähtävästi tekee lastausohjeet, joiden mukaan Hundeggerin CNC-koneesta tulevat valmiit CLT-levyt pakataan rekkaan kuljetukseen. Ohjelma käyttää hyväkseen värikoodeja esimerkiksi rakennuksen eri kerroksien välillä, jotta levyt varmasti lastataan mahdollisemman käytännöllisellä tavalla.

Tehtaalla olleissa työstetyissä levyissä oli työstettynä sähköpistokkeiden jne paikkoja, joten on käytännöllisesti mahdollista asentaa CLT taloon sähköt ilman pinta-asennusta. Tehtaalla meidän oppaamme toimi CNC-koneita valmistaman yrityksen, Hundeggerin vientipäällikkö Wolfgang Piatke. Piatken mukaan rakenteiden liitoksista ei ole Saksassa tai Itävallassa mitään standardeja, vaan liitännät ovat joko asiakkaan tai rakentajan vapaasti valittavissa.

Biber holzbearbeitungint tehtaalla käyminen antoi taas kattavamman kuvan CLT:n mahdollisista yrittymille ja myös paremman kuvan CLT-levyihin tehtävistä työstöistä.

Mayr & Sonntag valmistaa MHL levyä puurakentamisen tarpeisiin. MHM-levyt ovat rakenteeltaan samanlaisia kuin CLT-levyt, paitsi liiman sijaan MHM:ssä käytetään alumiininauloja lamellien kiinnittämiseen. Saksassa on noin 30 yritystä jotka valmistavat nimenomaan MHM:llä. Yritysten koko ei ole samaa luokkaa kuin CLT:ssä mutta tämä Hans Hundeggerin itse keksimä tuote on ainakin Saksan maalla saannut suosiota. MHM-levyjä mainostetaan ympäristöystävällisinä sillä lamellien kiinnityksessä ei käytetä ympäristölle haitallista liimaa sekä käytetyt alumiininaulat ovat valmistettu kierrätetystä materiaalista. Alumiininauloja käytetään levyssä sen takia, että ne eivät estä CNC-työstöjä toisin kuin rautanaulat.

MHM:n tuotanto mahtuu huomattavasti pienempään tilaan sillä yritykset tarvitsevat Mayr & Sonntag tapaan vain sahalta määrämittaista puutavaraa, levyjen naulauksen tekevän koneen ja CNC-koneen levyjen työstöön. Eli kahdella koneella ja pienellä tehdashallilla pääsee jo valmistamaan tuotetta. Investointien suuruusluokka voi hyvinkin selittää osaltaan miksi vastaavia tuotantolaitoksia on alueella verrattain paljon. Tuotannon yksinkertaisuuden vuoksi valmiin MHL seinän neliöhinta jääkin huomattavasti matalammaksi kuin CLT:llä.

Mayr & Sonntag tekee yhteistyötä Hundeggerin kanssa, joten tehtaalla oli aina uusimmat koneet ja Hundeggerin vaatimat ensiajot suoritettiin heidän tehtaallaan.

Yrityksen tehdas oli jaettu kahtia MHL linjan sekä yrityksen toisen tuotteen, puusepäntehtaan palkkeja valmistavan linjan kesken. Kummatkin linjat vaativat kaksi työntekijää toimiakseen. Tällä tehdaskäynnillä sai käsityksen myös MHM:stä mahdollisena rakennusmateriaalina, joskin materiaalin vaatimat suuret dimensiot sekä hieman huonolta vaikuttava ilmanläpäisevyys pistää vähän miettimään vastaavaa Suomen olosuhteissa.

Hans Hundeggerin vuonna 1978 perustama Hundegger valmistaa CNC-ohjattuja puuntyöstökoneita puuteollisuuden tarpeisiin. Tehdas on perustettu Hans Hundeggerin isän perustaman sahan yhteyteen jota nykyään johtaa Hanssin veli. Hundeggerin CNC-koneita käytetään noin 90 % puusepänteollisuuden tehtaissa. Yritys valmistaa CNC-ohjattuja työstökoneita puusepän-, hirsi-, elementti- ja liimapuuteollisuuden käyttöön. Tämä kertoo etenkin heidän tuotteiden laadusta, mutta osaltaan ehkä kilpailun niukkuudesta. Hundeggerin suurimpana valttikorttina ovat heidän oma työstöohjelmistonsa BBA. Näin ollen he suunnittelevat kaiken työstöihin liittyvän.

Memmingenistä noin 10 kilometrin päästä kaakkoon sijaitseva Ottobeuren on toiminut Hundeggerin tuotannon keskuksena koko yrityksen historian ajan. Osa syynä sijaintiin on tietysti Hans Hundeggerin isän sahan sijainti. Myös se että paikalliset ihmiset ovat tottuneet työskentelemään pienestä asti työkoneiden parissa takaa sen että osaavaa työvoimaa tulee kokoajan lisää. Se että työntekijät ovat suureksi osaksi juuri paikallisia tarkoittaa sitä, etteivät he halua muuttaa pois alueelta ja näin työvoiman vaihtuvuus on pientä.

Hundeggerin tehtaalla oli vierailumme aikaan jokavuotiset avoimet ovet. Pääsimme käymään koko tehtaan tilat läpi ja paikalla oli myös ohjelmistoyrityksiä, jotka olivat sidoksissa tähän toimialaan. Tarkemmin tutustuimme esimerkiksi Kuhmossa toimivan WoodBrosin käyttämään suunnitteluohjelmistoon nimeltä hsbCAD.

Tehdaskierroksen aikana heidän tuotannostaan sai todella sujuvan kuvan. Jokaisen laitteen valmistuksesta alusta loppuun vastasi aina tietty 2-3 hengen ryhmä. Vaikka jokainen heidän valmistamansa kone onkin erilainen, heidän toimitusaikansa oli vain noin kolme kuukautta, ja joskus peruutuksien johdosta nopeampikin. Näimme myös presentaation kolmesta eri CNC-ohjatusta puuntyöstökoneesta: levyntyöstöautomaatista (*Speed-Panel-Machine SPM*) ja kahdesta yhdistelmäkoneesta (*K2i* sekä *ROBOT-Drive*.) Presentaatioissa esiteltiin heidän valmistamiensa kodeiden työstöjen monipuolisuutta ja muokattavuutta.

Yrityksessä työskenteli yhteensä noin 300 työntekijää joista 20 oli ohjelmistojen suunnittelussa, 25 asiakaspalvelussa.

Kokonaisuudessaan Hundeggerin tehtaalla näki kuinka alan suurin toimija valmistaa tuotteitaan ja näki niitä myös toiminnassa. CLT:n kannalta tärkein laite eli portaalityöstökeskus PBA oli jo nähty kaikissa vierailluissa tehtaissa. Vaikuttava yritys jonka tuotteista jäi laadukas kuva.

8.6.1 HsbCAD

Tehdaskierroksen jälkeen hsbCAD:n edustajat pitivät noin tunnin mittaisen esityksen heidän ohjelmistostaan. HsbCAD:llä on 25 vuoden ja 4000 asiakkaan kokemus ohjelmistojen suunnittelusta. Heidän ohjelmistonsa on integroitu täydellisesti AutoCAD ja Architectural Desktop- ohjelmistoihin. Ohjelmalla voi helposti muodostaa työtiedot Hundeggerin CNC-ohjattuihin työstökoneisiin. Heidän ohjelmistoaan käytetään Suomessa talotehtaissa ja pääsuunnitteluohjelmana. CLT:n näkökulmasta 50 % kaikesta CLT-rakentamisen suunnittelusta tehdään heidän ohjelmallaan. Heillä on asiakkaina esimerkiksi Stora Enso ja KLH.

Ohjelman suurimpia etuja ovat työstötietojen muodostaminen sekä suunnittelun ”helppous”. HsbCAD:llä kaikki piirretty rakenne tai rakenteen muutokset siirtyvät kaikkiin muihin muotoihin. Jos esimerkiksi ikkunan kohtaa vaihdetaan suunnittelun loppuvaiheessa, siirtyy ikkunan aukko myös työstökuvissa. Piirtäminen tapahtuu piirtämällä valmiiksi mallinnettuja rakenteita, eikä toisin kun esimerkiksi minulle on koulussa opetettu viiva kerrallaan. Ohjelmaan voi halutessaan liittää myös juuri CNC-työstöihin liittyen nestaus ohjelma, jolla ohjelma laskee mahdollisimman vähän hukkaa tuottavan työstötavan.

Omasta mielestäni ohjelmisto vaikutti oikein käytännölliseltä ja mielenkiintoiselta vaihtoehdolta ajateltaessa suunnittelua.

Hinnat ohjelmistolle:

- 16500 e/vuosi ilman nesteriä (Autocad Architech kuuluu mukaan)
- Nesterin kanssa 20500 e/vuosi

Lisenssin jatkuessa alennuksia tuli vuosittain ja 6 vuoden jälkeen hinta oli kiinteä -30%.

9 MUUTA

9.1 MHM:stä rakennettu pientalokohde Erolzheimissä

Kävimme Bieber holzbearbeitungin jälkeen tutustumassa myös uuden asuinalueen juuri pystytettyyn pientalokohteeseen. Järeästä MHM:stä rakennettu noin 150 neliö talo oli ratkaisultaan toimivan näköinen kohde. Rakennuksen välipohja oli tehty ”Profil-Holz-Elementeistä” jotka ovat nekin CLT:n ja MHM:n tapaan valmistettu kokonaan puusta. Profil-Holz-Elemente on maksimissaan 12m pitkä ja noin 1,2m leveä elementti joka koostuu 7,5-25cm paksuista yhteen naulatusta puutavarasta. Muuten rakennuksessa näkyi esimerkiksi alaohjauspuiden käyttö. MHM rakenteen pintaan oli nähtävästi tulossa eristelevy ja rappaus. Rakennus vakuutti kyllä siitä että MHM on käyttökelpoinen rakenne ainakin Saksassa.

10 KIITOKSET

Suuret kiitoksen Eastwoodille matkan järjestämisestä ja Toni Pasmalle sen vetämisestä. Kiitos koko matkalle osallistuneesta porukasta joka mahdollisti mukavan matkustamisen ja hyvän seuran. Matka tarjosi paljon tietoa CLT:stä ja sen valmistukseen ja rakentamiseen liittyvistä asioista. Matkan jälkeen jokaisella mukana olleella on varmasti kokonaisvaltaisempi kuva CLT-rakentamisesta, sen eduista, haasteista ja mahdollisuuksista. Itse haluan näin opiskelijan osassa kiittää Elemencoja ja Antero Vartiaista, tästä hienosta mahdollisuudesta tutustua opinnäytetyöaiheeseeni tarkemmin.